

**PENGEMBANGAN SISTEM SIMULASI PERKIRAAN  
PENYEBARAN API PADA GUNUNG ARJUNO KAWASAN  
TAHURA R. SOERJO MENGGUNAKAN *TANGIBLE LANDSCAPE***

**SKRIPSI**

Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:

Adhi Isti Febriandhika

NIM: 135150401111134



**PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI  
JURUSAN SISTEM INFORMASI  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2018**

## PENGESAHAN

PENGEMBANGAN SISTEM SIMULASI PERKIRAAN PENYEBARAN API PADA  
GUNUNG ARJUNO KAWASAN TAHURA R. SOERJO MENGGUNAKAN *TANGIBLE  
LANDSCAPE*

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun Oleh :

Adhi Isti Febriandhika  
NIM: 135150401111134

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada  
18 Oktober 2018  
Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

D.Sc. Fatwa Ramdani, S.Si., M.Sc.  
NIK: 2016118506191001

Alfi Nur Rusydi, S.Si., M.Sc.  
NIK: 2016078804121001

Mengetahui  
Ketua Jurusan Sistem Informasi

Dr. Eng., Herman Tolle, S.T, M.T.  
NIP: 19740823 200012 1 001

## PERNYATAAN ORISINALITAS

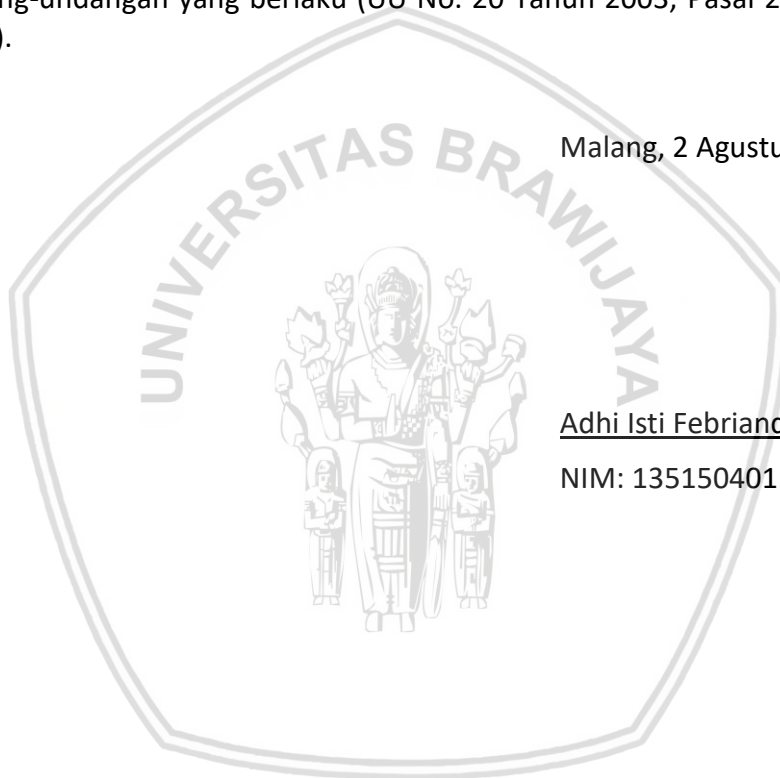
Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (sarjana) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 2 Agustus 2018

Adhi Isti Febriandhika

NIM: 135150401111134



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga laporan skripsi yang berjudul “Pengembangan Sistem Simulasi Perkiraan Penyebaran Api Pada Gunung Arjuno Kawasan Tahura R. Soerjo Menggunakan *Tangible Landscape*” ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak akan berhasil tanpa bantuan dari beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada:

1. Bapak D.Sc. Fatwa Ramdani, S.Si., dan Bapak Alfi Nur Rusydi., M.Sc. selaku Pembimbing skripsi yang telah dengan sabar membimbing dan mengarahkan penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini,
2. Bapak Yusi Tyroni Mursityo, S.Kom., M.AB. selaku Ketua Program Studi Sistem Informasi,
3. Bapak Herman Tolle, Dr. Eng., S.T, M.T selaku Ketua Jurusan Sistem Informasi,
4. Ayah dan Ibu dan seluruh keluarga besar atas segala nasihat, kasih sayang, perhatian dan kesabarannya di dalam membesarkan dan mendidik penulis, serta yang senantiasa tiada henti-hentinya memberikan doa dan semangat demi terselesaikannya skripsi ini,
5. Teman-teman anggota Laboratorium Geoinformatika FILKOM Universitas Brawijaya yang telah banyak memberikan pembelajaran, dukungan, doa, dan semangat,
6. Teman-teman komunitas yang ada di Kota Malang dan Kota-kota lain yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, yang telah banyak menghibur, memberikan banyak nasihat, doa, semangat dan banyak pengalaman baik,
7. Teman-teman yang ada di FILKOM dan Fakultas yang lain di Universitas Brawijaya yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberikan nasihat, semangat, dan dukungan,
8. Seluruh civitas akademika Informatika Universitas Brawijaya yang telah banyak memberi bantuan dan dukungan selama penulis menempuh studi di Informatika Universitas Brawijaya dan selama penyelesaian skripsi ini.

Malang, 2 Agustus 2018

Adhi Isti Febriandhika

adhfbr@gmail.com

## ABSTRAK

**Adhi Isti Febriandhika, Pengembangan Sistem Simulasi Perkiraan Penyebaran Api Pada Gunung Arjuno Kawasan Tahura R. Soerjo Menggunakan *Tangible Landscape*.**

**Dosen Pembimbing: D.Sc. Fatwa Ramdani, S.Si., M.Sc. dan Alfi Nur Rusydi, S.Si., M.Sc.**

Kebakaran hutan merupakan suatu keadaan dimana hutan dilanda api sehingga mengakibatkan kerusakan hutan dan atau hasil hutan yang menimbulkan kerugian ekonomis dan atau nilai lingkungan. Dapat terjadi secara alami ataupun di sengaja dan sampai sekarang penyebaran api saat kebakaran hutan belum bisa diprediksi secara pasti, karena banyaknya variabilitas didalam faktor-faktor pemicu kebakaran. Jawa timur merupakan daerah yang sering terjadi kebakaran hutan, salah satu kawasan hutan yang sering terjadi kebakaran di Provinsi Jawa Timur adalah kawasan hutan Tahura R. Soerjo. Kebakaran hutan merupakan salah satu kendala yang sulit ditangani oleh Tahura R. Soerjo dalam mengelola kawasan hutan. Sampai saat ini teknologi untuk mengatasi masalah kebakaran hutan masih sangat minimal. Metode tangible landscape dapat memberikan solusi dengan cara mensimulasikan kemungkinan pola penyebaran api yang terjadi pada suatu area secara real-time. Dengan menggunakan *tangible landscape* dan GRASS GIS, dapat dilakukan beberapa simulasi skenario kebakaran, dan percobaan penentuan pembuatan sabuk api yang berbeda pada model fisik untuk mengevaluasi keefektifannya dalam mengatasi penyebaran api yang terjadi. Pada penelitian ini tingkat kesesuaian model fisik yang dibuat dengan data elevasi sebenarnya pada daerah penelitian sebesar 30% pada nilai maksimal dan -28% pada nilai minimal. Proses simulasi perkiraan penyebaran api pada penelitian ini menghasilkan data pola penyebaran pada waktu tertentu sesuai waktu yang ditentukan dan menghasilkan data *base rate of spread* sebesar 1,18 meter/menit, *maximal rate of spread* paling tinggi sebesar 403,99 meter/menit dan paling rendah sebesar 5,57 meter/menit, *direction of maximal rate of spread* yang menyebar ke arah 19 sampai 316 derajat dalam satuan derajat arah mata angin, dan *maximal spotting distance* sebesar 0 sampai 303 meter.

Kata kunci: Kebakaran hutan, Penyebaran Api, Hutan, *Tangible Landscape*, GRASS GIS

## ABSTRACT

**Adhi Isti Febriandhika, *Development of Simulation System for Estimating the Fire Spread in Mount Arjuno Area Tahura R. Soerjo Using Tangible Landscape.***

**Supervisor: D.Sc. Fatwa Ramdani, S.Si., M.Sc. and Alfi Nur Rusydi, S.Si., M.Sc.**

Forest fires is a condition where forests are hit by flames, causing damage of forests and or forest products that causes economic losses and environmental value. May occur naturally or prescribed, and until now the spread of fire during forest fires has not been predicted with certainty, because there is a lot of variability in fire triggering factors. East Java is a Province in Indonesia that often occurs forest fires. One of the forest areas that often occur forest fires in East Java Province is Tahura R. Soerjo area, and forest fires are one of the most difficult issues handled by Tahura R. Soerjo in managing forest areas. Until now the technology to overcome the problem of forest is still very minimal. The Tangible Landscape method can be used to simulate the possibility of spreading fire that occurs in real-time. By using Tangible Landscape and GRASS GIS, multiple fire simulation scenarios can be performed, and experimenting the determination of making different fire breaks on physical models to evaluate their effectiveness in overcoming the spread of fires. In this study the level of conformity of physical models with actual elevation data in the study area was 30% at maximum values and -28% at minimum values. The simulation process of estimating the spread of fire in this study produces data on the pattern of spread at a certain time according to the specified time and produces a data base rate of spread of 1.18 meters / minute, the maximum rate of spread is the highest of 403.99 meters / minute and the lowest amounting to 5.57 Meters / Minute, the direction of maximal rate of spread that spreads to 19 to 316 degrees in units of degree of wind direction, and maximal spotting distance of 0 to 303 meters.

**Keywords:** Wildfire, Wildfire Spread, Forest, Tangible Landscape, GRASS GIS

## DAFTAR ISI

PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah.....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan masalah .....	3
1.6 Sistematika pembahasan.....	3
BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1 Kajian Pustaka .....	5
2.2 Masukan Data .....	6
2.2.1 Bahan Bakar .....	6
2.2.2 Kelembaban Bahan Bakar .....	13
2.2.3 Angin .....	14
2.2.4 Kemiringan Lahan/Lereng.....	14
2.3 Algoritme Tingkat Penyebaran Api ( <i>Rate of Spread</i> ).....	14
2.4 Sistem Informasi .....	15
2.5 Sistem Informasi Geografis (SIG) .....	15
2.6 <i>Tangible Landscape</i> .....	16
2.7 GRASS GIS .....	16
2.8 <i>Remote Sensing</i> .....	16
2.8.1 <i>Digital Elevation Model (DEM)</i> .....	17
2.8.2 <i>Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)</i> .....	17
2.8.3 Landsat 8 .....	17



2.9 Tahura R. Soerjo.....	17
2.10 <i>Difference Analytics</i> .....	18
BAB 3 METODOLOGI .....	19
3.1 Studi Pustaka.....	20
3.2 Pengumpulan Data .....	20
3.3 Konfigurasi Sistem .....	22
3.4 Implementasi <i>Tangible Landscape</i> .....	22
3.5 Pengujian .....	23
3.6 Kesimpulan.....	23
BAB 4 KONFIGURASI DAN PENGOLAHAN DATA .....	24
4.1 Konfigurasi <i>Hardware</i> .....	24
4.1.1 <i>3D Scanner</i> .....	24
4.1.2 Proyektor.....	25
4.1.3 Komputer .....	25
4.2 Konfigurasi <i>Software</i> .....	26
4.2.1 GRASS GIS.....	26
4.2.2 GRASS GIS Python API.....	29
4.2.3 <i>Scanning Components r.in.kinect</i> .....	30
4.2.4 <i>Tangible Landscape plugin</i> GRASS GIS .....	32
4.3 Pengolahan Data.....	34
4.3.1 Pengolahan Data Raster DEM .....	34
4.3.2 Pengolahan Data Raster Bahan Bakar.....	36
4.3.3 Pengolahan Data Arah Angin dan Kecepatan Angin .....	37
4.3.4 Pengolahan Data Kelembaban Bahan Bakar.....	38
4.3.5 Pengolahan Data Koordinat Kebakaran .....	39
BAB 5 IMPLEMENTASI .....	40
5.1 Menentukan Skala Model Fisik.....	40
5.2 Kalibrasi.....	42
5.3 Pembuatan Model Fisik .....	44
5.4 Simulasi Penyebaran Api.....	45
5.5 Pembuatan Sabuk Api.....	49
BAB 6 PENGUJIAN .....	53



6.1 <i>Difference Analytic</i> .....	53
BAB 7 PENUTUP .....	54
7.1 Kesimpulan.....	54
7.2 Saran .....	55
DAFTAR PUSTAKA.....	56



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 13 Model bahan bakar .....	6
Tabel 2.2 Pedoman untuk memperkirakan kelembaban bahan bakar hidup .....	13
Tabel 3.1 Data .....	21
Tabel 5.1 Koordinat UTM data spasial area penelitian .....	40
Tabel 5.2 <i>Top, bottom</i> dan perkiraan tinggi model .....	41

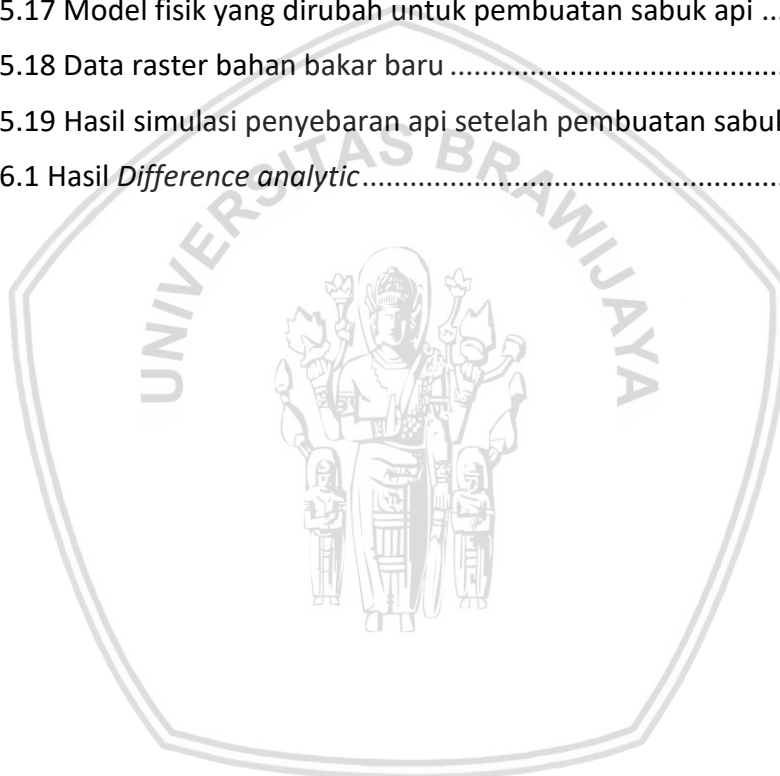


## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Alur informasi untuk memodelkan perilaku api .....	5
Gambar 2.2 Model bahan bakar 1 ( <i>Short grass (1 foot)</i> ) .....	7
Gambar 2.3 Model bahan bakar 2 ( <i>Timber (grass and understory)</i> ) .....	7
Gambar 2.4 Model bahan bakar 3 ( <i>Tall grass (2.5 feet)</i> ) .....	8
Gambar 2.5 Model bahan bakar 4 ( <i>Chaparral (6 feet)</i> ) .....	8
Gambar 2.6 Model bahan bakar 5 ( <i>Brush (2 feet)</i> ) .....	9
Gambar 2.7 Model bahan bakar 6 ( <i>Dormant brush, hardwood slash</i> ) .....	9
Gambar 2.8 Model bahan bakar 7 ( <i>Southern rough</i> ) .....	10
Gambar 2.9 Model bahan bakar 8 ( <i>Closed timber litter</i> ) .....	10
Gambar 2.10 Model bahan bakar 9 ( <i>Hardwood litter</i> ) .....	11
Gambar 2.11 Model bahan bakar 10 ( <i>Timber (litter and understory)</i> ) .....	11
Gambar 2.12 Model bahan bakar 11 ( <i>Light logging slash</i> ) .....	12
Gambar 2.13 Model bahan bakar 12 ( <i>Medium logging slash</i> ) .....	12
Gambar 2.14 Model bahan bakar 13 ( <i>Heavy logging slash</i> ) .....	13
Gambar 2.15 Komponen Sistem Informasi .....	15
Gambar 2.16 <i>Remote Sensing</i> .....	17
Gambar 3.1 Metodologi Penelitian .....	20
Gambar 3.2 Ilustrasi perangkat simulasi .....	22
Gambar 4.1 Ilustrasi Sistem <i>Tangible Landscape</i> .....	24
Gambar 4.2 Microsoft Kinect V2 .....	25
Gambar 4.3 <i>Add ubuntu repository</i> .....	26
Gambar 4.4 Memperbarui program .....	26
Gambar 4.5 <i>Install GRASS GIS 7.0</i> .....	27
Gambar 4.6 <i>Install</i> dependensi GRASS GIS 7.2 .....	28
Gambar 4.7 <i>Download</i> subversi GRASS GIS .....	28
Gambar 4.8 Mengakses direktori <i>grass72_release</i> .....	28
Gambar 4.9 Konfigurasi GRASS GIS 7.2 .....	29
Gambar 4.10 <i>Build Installation Package</i> .....	29
Gambar 4.11 <i>Install</i> subversi GRASS GIS 7.2 .....	29
Gambar 4.12 <i>Install</i> dan <i>download</i> python API .....	29
Gambar 4.13 <i>Install</i> dan <i>download</i> python watchdog .....	30

Gambar 4.14 <i>Install</i> dependensi Libfreenect2.....	30
Gambar 4.15 Membuat dan mengakses direktori build.....	30
Gambar 4.16 Kompilasi <i>Libfreenect2</i> .....	31
Gambar 4.17 <i>Udev rules</i> perangkat Kinect .....	31
Gambar 4.18 Menjalankan Microsoft Kinect V2.....	31
Gambar 4.19 <i>Download</i> dan <i>Install</i> dependensi Point Cloud Library.....	31
Gambar 4.20 Mengakses direktori pcl-pcl-1.8.0 dan membuat direktori build dan mengakses direktori build.....	32
Gambar 4.21 Melakukan kompilasi <i>Point Cloud Library</i> .....	32
Gambar 4.22 Download dan install OpenCV library .....	32
Gambar 4.23 <i>Tab command console</i> pada <i>layer manager</i> .....	33
Gambar 4.24 <i>Tangible landscape plugin</i> GRASS GIS.....	34
Gambar 4.25 DEM daerah penelitian .....	34
Gambar 4.26 Modul <i>r.slope.aspect</i> .....	35
Gambar 4.27 <i>Tab Output</i> pada Modul <i>r.slope.aspect</i> .....	35
Gambar 4.28 <i>Slope</i> daerah penelitian .....	35
Gambar 4.29 <i>Aspect</i> daerah penelitian .....	36
Gambar 4.30 Panel <i>r.mapcalc</i> .....	36
Gambar 4.31 Vegetasi daerah penelitian yang mayoritas adalah rerumputan panjang.....	37
Gambar 4.32 Model Bahan Bakar Kelas 3.....	37
Gambar 4.33 Arah Angin .....	38
Gambar 4.34 Kecepatan angin.....	38
Gambar 4.35 <i>Live Moisture</i> .....	39
Gambar 4.36 <i>1h-moisture</i> .....	39
Gambar 5.1 <i>Trim vertically</i> .....	42
Gambar 5.2 Nilai <i>trim vertically</i> pada penelitian .....	43
Gambar 5.3 Nilai deviasi kemiringan sensor pada <i>trim vertically</i> .....	43
Gambar 5.4 <i>Trim horizontally</i> .....	44
Gambar 5.5 Nilai <i>trim horizontally</i> pada penelitian.....	44
Gambar 5.6 <i>Difference analytic layer</i> pada GRASS GIS.....	45
Gambar 5.7 Hasil pembuatan DEM dengan <i>difference analytic</i> .....	45
Gambar 5.8 Modul <i>r.ros</i> pada <i>tab required</i> .....	46

Gambar 5.9 Modul r.ros pada <i>tab optional</i> .....	46
Gambar 5.10 Data citra <i>base rate of spread</i> .....	47
Gambar 5.11 Data citra <i>maximal rate of spread</i> .....	47
Gambar 5.12 Data citra <i>direction of maximal rate of spread</i> .....	47
Gambar 5.13 Data citra <i>maximal spotting distance</i> .....	47
Gambar 5.14 Modul r.spread pada command console dengan parameter jeda waktu 10 menit .....	48
Gambar 5.15 Hasil penyebaran api pada daerah penelitian .....	49
Gambar 5.16 Model fisik sebelum dilakukan perubahan .....	50
Gambar 5.17 Model fisik yang dirubah untuk pembuatan sabuk api .....	50
Gambar 5.18 Data raster bahan bakar baru .....	51
Gambar 5.19 Hasil simulasi penyebaran api setelah pembuatan sabuk api .....	52
Gambar 6.1 Hasil <i>Difference analytic</i> .....	53



## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Menurut Peraturan Menteri Kehutanan Nomor: P.12/Menhut-II/2009 tentang pengendalian kebakaran hutan, kebakaran hutan merupakan suatu keadaan dimana hutan dilanda api sehingga mengakibatkan kerusakan hutan dan atau hasil hutan yang menimbulkan kerugian ekonomis dan atau nilai lingkungan. Kebakaran hutan merupakan peristiwa alam yang dapat terjadi secara alami ataupun disengaja. Faktor alam biasanya disebabkan oleh meningkatnya suhu panas yang tinggi dan adanya bahan tambang seperti batubara, minyak atau gas alam dan dipicu dengan adanya gesekan cabang dan ranting pohon kering, sedangkan faktor yang disengaja adalah adanya faktor dari manusia yang sengaja melakukan pembakaran hutan (UPT Tahura R. Soerjo SKPPH Mojokerto, 2014). Sampai sekarang penyebaran api saat kebakaran hutan belum bisa diprediksi secara pasti, dikarenakan terdapat banyak variabilitas didalam faktor-faktor pemicu kebakaran. Faktor pemicu yang berperan dalam proses terjadinya kebakaran tersebut adalah bahan bakar, kelembaban bahan bakar, angin, dan kemiringan tanah/lereng (Rothermel, 1983).

Kebakaran hutan sering terjadi di Indonesia terlebih saat musim kemarau, terjadinya kebakaran hutan yang terjadi di Indonesia tentunya menimbulkan dampak yang merugikan jika tidak segera diantisipasi dengan tepat. Menurut Data Kejadian Bencana Kebakaran Hutan dan Lahan Badan Nasional Penanggulangan Bencana di Indonesia pada tahun 2011-2014 terjadi 81 kasus tentang kebakaran hutan dan lahan serta munculnya titik panas dari api. Tercatat pada tahun 1997-1998 saat datangnya bencana *Elnino*, terjadi kebakaran hutan yang menghancurkan sekitar 25 juta hektar lahan hutan di seluruh dunia, dan Indonesia pada tahun 1997-1998 adalah negara yang mengalami kebakaran hutan paling parah (Roowel dan Moore 2001). Ini menunjukkan bahwa Indonesia merupakan negara yang memiliki potensi kebakaran hutan yang besar, dikarenakan Indonesia adalah negara dengan hutan paling luas di dunia.

Di Provinsi Jawa Timur sering terjadi kebakaran hutan, kebakaran pada kawasan hutan yang pernah terjadi di propinsi Jawa Timur pada rentang tahun 2011-2015 tercatat total seluas 324.450,68 Ha (Bidang PKHKA Dinas Kehutanan Prov. Jawa Timur Tahun 2011-2015). Salah satu kawasan hutan yang sering terjadi kebakaran di Provinsi Jawa Timur adalah kawasan hutan Tahura R. Soerjo dengan luas kawasan seluas 27.868,30 Ha. Kawasan Tahura R. Soerjo terbagi dalam 6 kabupaten/kota yaitu: Kabupaten Pasuruan, Kabupaten Malang, Kota Batu, Kabupaten Mojokerto, Kabupaten Jombang, dan Kabupaten Kediri. Pada tahun 2015 terdapat 22 titik api yang tersebar di berbagai daerah pada kawasan Tahura R. Soerjo (Data Koordinat Lokasi Kebakaran Hutan Taman Hutan Raya (Tahura) R. Soerjo Tahun 2015) dengan total luas kawasan hutan yang terbakar seluas 843,50 Ha (Bidang PKHKA Dinas Kehutanan Prov. Jawa Timur Tahun 2011-2015). Dari 22 titik api yang tersebar di kawasan Tahura R. Soerjo tidak kurang dari 10 titik api terdapat di sekitar Gunung Arjuno yang masuk dalam kawasan



konservasi Arjuno Laliwiwo Tahura R. Soerjo. Dengan luasnya kawasan hutan yang terbakar diperlukan sebuah solusi untuk membantu mengatasi penyebaran api, kebakaran hutan merupakan salah satu kendala yang sulit ditangani oleh Tahura R. Soerjo dalam mengelola kawasan hutan.

Seiring dengan kemajuan teknologi informasi geografis pada saat ini, teknologi informasi geografis dapat digunakan untuk membuat simulasi perkiraan penyebaran api terhadap kebakaran kawasan hutan yang terjadi. Sehingga resiko dari terjadinya kebakaran hutan dapat diprediksi dan dikendalikan. Penelitian Rothermel (1983) membahas tentang prosedur untuk memperkirakan penyebaran api, intensitas api, panjang api, dan ukuran kebakaran pada hutan dan padang rumput. Dan pada penelitian Petrasova et al., 2014 menjelaskan tentang metode *tangible landscape* yang dapat mensimulasikan kemungkinan pola penyebaran api yang terjadi pada suatu area lahan hutan secara *real-time* sesuai skenario kebakaran dengan kondisi cuaca yang telah ditentukan sebelumnya sesuai dengan kebutuhan. Di Indonesia belum terdapat teknologi yang mampu memperkirakan penyebaran api pada kebakaran hutan yang sering terjadi, sehingga penulis tertarik untuk kemudian mengkaji masalah mengenai perkiraan penyebaran api pada gunung arjuno yang berada pada kawasan Tahura R. Soerjo dengan menggunakan metode *tangible landscape* dan GRASS GIS. Penelitian yang akan dilakukan menggabungkan konsep dari penelitian Rothermel (1983) tentang prosedur untuk memperkirakan tingkat penyebaran api dan penelitian Petrasova et al., 2014 tentang metode *tangible landscape* untuk memperkirakan penyebaran api pada lereng Gunung Arjuno dengan menerapkan metode *tangible landscape*. Dengan metode *tangible landscape* ini laju penyebaran api saat kebakaran dapat dianalisis dan digunakan untuk membuat keputusan atau rekomendasi penanggulangan terhadap kebakaran yang terjadi di Gunung Arjuno kawasan hutan Tahura R. Soerjo sehingga dampak atau kerugian yang ditimbulkan dari terjadinya kebakaran hutan dapat ditekan seminimal mungkin.

## 1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perkiraan pola penyebaran api yang terjadi menggunakan metode *tangible landscape* pada gunung arjuno kawasan Tahura R. Soerjo?
2. Bagaimana pengaruh dari pembuatan sabuk api pada model penyebaran api pada Gunung Arjuno kawasan Tahura R. Soerjo?
3. Bagaimana hasil dari pengujian model fisik menggunakan *Difference Analytic*?

## 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Menerapkan metode *tangible landscape* untuk mensimulasikan perkiraan penyebaran api pada gunung arjuno kawasan Tahura R. Soerjo.



2. Mengetahui perkiraan pola penyebaran api pada gunung arjuno kawasan Tahura R. Soerjo.
3. Mengetahui perkiraan pola penyebaran api pada gunung arjuno kawasan Tahura R. Soerjo setelah dilakukan pembuatan sabuk api.

## 1.4 Manfaat

Setelah penelitian ini selesai diharapkan dapat memberi manfaat terhadap masyarakat sekitar gunung arjuno, Pemerintah Kabupaten Malang dan Instansi terkait, untuk dapat mengantisipasi penyebaran api pada gunung arjuno ketika terjadi kebakaran sehingga dapat dilakukan pencegahan sehingga tidak membahayakan masyarakat di sekitar Gunung Arjuno dan menimbulkan kerugian yang lebih besar.

## 1.5 Batasan masalah

Agar tidak menyimpang dari permasalahan yang ada, maka penulis membatasi pada hal-hal berikut ini:

1. Penentuan titik penyebaran api dibatasi hanya pada area gunung arjuno kawasan Tahura R. Soerjo.
2. Fokus penelitian ini adalah menghasilkan simulasi perkiraan penyebaran api dengan menggunakan metode *tangible landscape* yang akan menghasilkan keluaran berupa tingkat penyebaran api (*Rate of spread*) dalam satuan meter per menit.
3. Data DEM (*Digital Elevation Model*) yang digunakan adalah data DEM ALOS tahun 2015.
4. Solusi yang diterapkan untuk percobaan simulasi adalah berupa pembuatan sabuk api.
5. Banyaknya sumber titik api yang digunakan untuk percobaan simulasi perkiraan penyebaran api sebanyak 1 sumber titik api yang dipilih di sekitar Gunung Arjuno.
6. Pengujian yang dilakukan hanya menguji tingkat kesesuaian model fisik terhadap data elevasi yang sebenarnya pada daerah penelitian dan validasi dari model penyebaran api.
7. Untuk kebutuhan percobaan, nilai dari data ditentukan oleh asumsi peneliti berdasarkan literatur dan observasi yang dilakukan di lapangan.

## 1.6 Sistematika pembahasan

Adapun sistematika penulisan skripsi ini akan dibagi menjadi 7 bab, sebagai berikut :

### BAB I Pendahuluan

Menjelaskan latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, manfaat, dan sistematika penulisan.

### BAB II Landasan Kepustakaan

Menjelaskan tentang kajian pustaka, dan teori-teori yang berhubungan dengan Sistem Informasi Geografis.

**BAB III Metodologi**

Membahas metode yang digunakan dalam penelitian yang terdiri dari studi pustaka, pengumpulan data, konfigurasi sistem, implementasi *Tangible Landscape*, pengujian, serta kesimpulan.

**BAB IV Konfigurasi dan Pengolahan Data**

Membahas tentang konfigurasi sistem yang terdiri dari konfigurasi *hardware* dan konfigurasi *software* serta menjelaskan proses pengolahan data yang diperlukan.

**BAB V Implementasi**

Menjelaskan proses simulasi *tangible landscape* dan hasil dari simulasi penyebaran api.

**BAB VI Pengujian**

Menjelaskan mengenai pengujian model fisik yang dibuat dengan menggunakan metode *tangible landscape* dan validasi model penyebaran api.

**BAB VII Penutup**

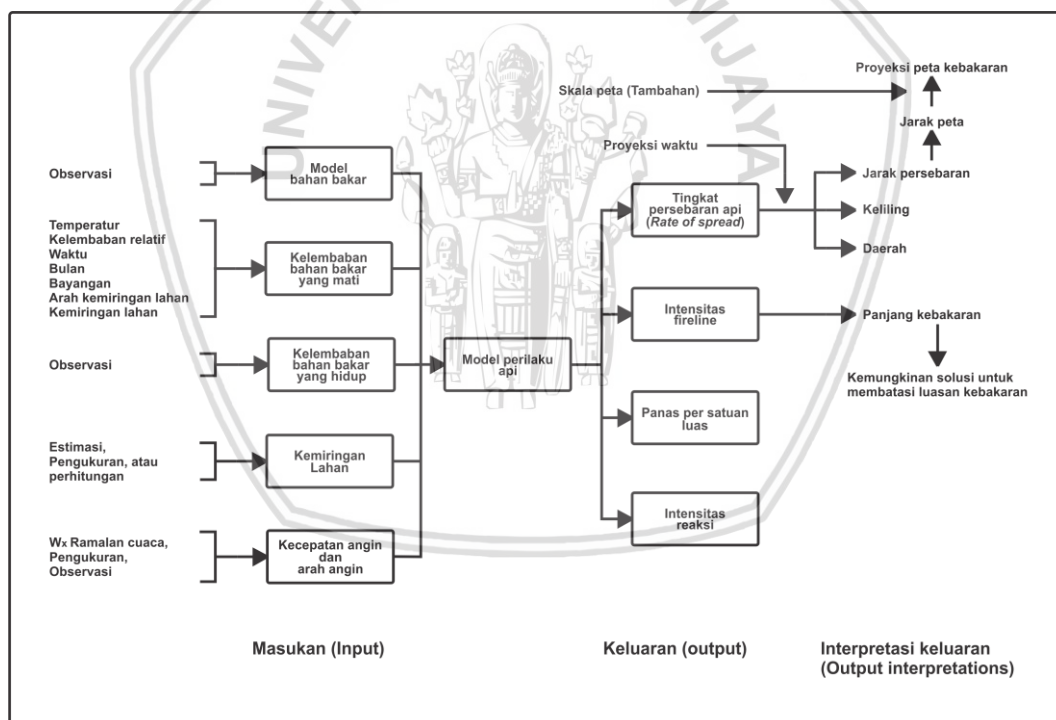
Memuat kesimpulan yang diperoleh dari pembuatan sistem informasi geografis (GIS) untuk mensimulasikan penyebaran api dalam bentuk *tangible landscape* yang dikembangkan dalam skripsi ini serta saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut.



## BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

### 1.1 Kajian Pustaka

Terdapat dua landasan pustaka dalam penelitian ini. Landasan pertama adalah penelitian yang dilakukan oleh Rothermel (1983) yang membahas tentang prosedur untuk memperkirakan tingkat penyebaran api (*Rate of Spread*), intensitas api, panjang api, dan besar kebakaran pada lahan hutan dan pada padang rumput. Dalam penelitian tersebut membahas metode mengenai bahan bakar yang dapat membawa dan menyebabkan api. Rothermel (1983) menjelaskan dalam melakukan observasi kebakaran hutan terdapat banyak variabilitas dalam bahan bakar, kecepatan angin, dan pengaruh lain yang dapat mempersulit pembuatan prediksi penyebaran api. Keakuratan prediksi bergantung pada kemampuan dan pengetahuan peneliti dan tingkat keseragaman atau ketidakseragaman bahan bakar dan kondisi lingkungan. Dalam penelitian Rothermel (1983) terdapat BEHAVE model yang menjelaskan tentang bagaimana alur informasi untuk memodelkan perilaku api yang diberikan oleh Andrews (1986) di Gambar 2.1.



**Gambar 2.1 Alur informasi untuk memodelkan perilaku api**

Sumber: Andrews (1986)

Landasan kedua adalah Buku *Tangible Modeling with Open Source GIS* tahun 2016 dan Jurnal penelitian oleh Anna Petrasova, Brendan Harmon, Vaclav Petras, Helena Mitasova pada tahun 2016 tentang metode *tangible landscape*, yang membahas perancangan *tangible landscape* mengenai kebutuhan *hardware* dan *software*, dan instalasi *tangible landscape* untuk permodelan geospasial. Dalam penelitian tersebut menjelaskan bahwa kebakaran hutan dapat diprediksi dan

dieksplorasi bagaimana kemungkinan api akan menyebar dengan menggunakan simulasi komputer. Dengan menggunakan simulasi komputer ini dapat dilakukan eksplorasi skenario dan percobaan manajemen kebakaran yang berbeda berdasarkan kondisi lingkungan yang ada.

## 1.2 Masukan Data

Untuk mensimulasikan penyebaran api dibutuhkan beberapa masukan data antara lain bahan bakar, kelembaban bahan bakar, angin, dan kemiringan lahan.

### 1.2.1 Bahan Bakar

Salah satu data yang sangat penting adalah data mengenai bahan bakar. Albini (1976) dan Anderson (1982) mendeskripsikan 13 model bahan bakar (Tabel 2.1), dimana disetiap model bahan bakar tersebut akan memberikan pengaruh yang berbeda kepada perilaku api.

**Tabel 2.1 13 Model bahan bakar**

<i>Fuel Models</i>	<i>Description</i>
<i>Grass and grass-dominated (Grass Group)</i>	
1	Short grass (1 foot)
2	Timber (grass and understory)
3	Tall grass (2.5 feet)
<i>Chaparral and shrub fields (Shrub Group)</i>	
4	Chaparral (6 feet)
5	Brush (2 feet)
6	Dormant brush, hardwood slash
7	Southern rough
<i>Timber litter (Timber Group)</i>	
8	Closed timber litter
9	Hardwood litter
10	Timber (litter and understory)
<i>Slash (Logging Slash Group)</i>	
11	Light logging slash
12	Medium logging slash
13	Heavy logging slash

Sumber: Anderson (1982)

Model bahan bakar diklasifikasikan menjadi 4 grup yaitu, *grass group*, *shrub group*, *timber group*, dan *logging slash group*. Perbedaan perilaku kebakaran di antara kelompok-kelompok ini pada dasarnya terkait dengan beban bahan bakar dan distribusinya diantara kelas ukuran partikel bahan bakar. Model bahan bakar hanyalah alat untuk membantu pengguna memperkirakan perilaku kebakaran secara realistis (Anderson, 1982).

### 1.2.1.1 Grass Group

Perkiraan tingkat penyebaran api pada *Grass Group* adalah dari sedang sampai dengan tinggi. Terdiri dari model bahan bakar 1, 2, dan 3.

1. Model bahan bakar 1 (*Short grass (1 foot)*)

Penyebaran api pada model ini terjadi dan bergerak dengan cepat melalui rerumputan yang hampir mati atau bahkan telah mati. Kriteria model bahan bakar ini adalah rerumputan dengan ukuran umumnya dibawah lutut manusia, sedikit semak atau kayu dan jumlahnya tidak melebihi sepertiga dari luas rerumputan. Padang rumput dan sabana termasuk dalam model bahan bakar ini. Gambaran terhadap model bahan bakar di model ini dapat dilihat pada Gambar 2.2.



**Gambar 2.2 Model bahan bakar 1 (*Short grass (1 foot)*)**

Sumber: Anderson (1982)

2. Model bahan bakar 2 (*Timber (grass and understory)*)

Yang termasuk dalam model bahan bakar ini adalah lahan semak terbuka dan pepohonan pinus atau semak belukar yang menutupi dua pertiga luas. Gambaran terhadap model bahan bakar di model ini dapat dilihat pada Gambar 2.3.



**Gambar 2.3 Model bahan bakar 2 (*Timber (grass and understory)*)**

Sumber: Anderson (1982)

3. Model bahan bakar 3 (*Tall grass (2.5 feet)*)

Kebakaran oleh bahan bakar ini adalah yang paling intens terjadi dari *grass group*, dan memiliki tingkat penyebaran api yang tinggi dibawah pengaruh



angin. Model bahan bakar ini adalah rerumputan dengan tinggi 1 meter. Gambaran terhadap model bahan bakar dimodel ini dapat dilihat pada Gambar 2.4.



**Gambar 2.4 Model bahan bakar 3 (*Tall grass (2.5 feet)*)**

Sumber: Anderson (1982)

#### **1.2.1.2 Shrub Group**

Perkiraan tingkat penyebaran api pada *Shrub Group* adalah dari sedang sampai dengan tinggi. Terdiri dari model bahan bakar 4, 5, 6, dan 7.

##### **1. Model bahan bakar 4 (*Chaparral (6 feet)*)**

Intensitas kebakaran menyebar dengan cepat melalui dedaunan dan material kayu yang hidup atau telah mati pada model bahan bakar ini. Yang termasuk model bahan bakar ini adalah semak dewasa setinggi 6 kaki atau lebih, seperti semak yang masuk dalam keluarga chaparral, pcosin. Gambaran terhadap model bahan bakar dimodel ini dapat dilihat pada Gambar 2.5.



**Gambar 2.5 Model bahan bakar 4 (*Chaparral (6 feet)*)**

Sumber: Anderson (1982)

##### **2. Model bahan bakar 5 (*Brush (2 feet)*)**

Kebakaran yang dipengaruhi oleh model bahan bakar ini umumnya tidak terlalu kuat karena api tidak mudah menyebar pada model bahan bakar ini. Yang termasuk dalam model bahan bakar ini adalah semak belukar muda dengan tinggi 2 kaki dengan sedikit bahan yang mati, dedaunannya mengandung sedikit bahan yang mudah menguap. Gambaran terhadap model bahan bakar dimodel ini dapat dilihat pada Gambar 2.6.



**Gambar 2.6 Model bahan bakar 5 (*Brush (2 feet)*)**

Sumber: Anderson (1982)

3. Model bahan bakar 6 (*Dormant brush, hardwood slash*)

Kebakaran pada model bahan bakar ini terjadi melalui lapisan semak dimana dedaunan yang lebih muda akan terbakar, namun membutuhkan kekuatan angin yang sedang kurang lebih 13km/jam. Api yang dihasilkan akan jatuh ketanah pada kecepatan angin yang rendah. Yang termasuk dalam model bahan bakar ini adalah, semak belukar tua dengan ukuran dan jumlah bahan bakar yang tidak melebihi semak pada model bahan bakar 4. Semak belukar yang ada secara umum termasuk kedalam model ini. Gambaran terhadap model bahan bakar dimodel ini dapat dilihat pada Gambar 2.7.



**Gambar 2.7 Model bahan bakar 6 (*Dormant brush, hardwood slash*)**

Sumber: Anderson (1982)

4. Model bahan bakar 7 (*Southern rough*)

Kebakaran yang terjadi melalui pengaruh bahan bakar ini dapat terjadi dengan mudah melalui permukaan dan strata semak walaupun dengan kandungan kelembaban bahan bakar mati yang tinggi. Ukuran dari semak belukar model bahan bakar ini umumnya antara 2 sampai 6 kaki, *palmetto-gallberry understory-pine overstory sites* serta pocosin adalah tipikal model bahan bakar ini, kombinasi cemara hitam di Alaska juga termasuk kedalam model bahan bakar ini. Gambaran terhadap model bahan bakar dimodel ini dapat dilihat pada Gambar 2.8.





**Gambar 2.8 Model bahan bakar 7 (*Southern rough*)**

Sumber: Anderson (1982)

#### **1.2.1.3 Timber Group**

Perkiraan tingkat penyebaran api pada *Timber Group* adalah dari rendah sampai dengan sedang. Terdiri dari model bahan bakar 8, 9, 10.

##### **1. Model bahan bakar 8 (*Closed timber litter*)**

Kebakaran yang terjadi dengan model bahan bakar ini terjadi dibawah kondisi cuaca yang buruk dengan suhu yang tinggi, kelembaban yang rendah, dan angin kencang. Kanopi hutan yang tertutup dari jenis konifera berdaun jarum pendek atau kayu keras yang telah mati akan mendukung kebakaran dari serasah hutan. Pinus putih, pinus *lodgepole*, *spruce*, *fir*, dan *larch* adalah vegetasi yang termasuk dalam model bahan bakar ini. Gambaran terhadap model bahan bakar dimodel ini dapat dilihat pada Gambar 2.9.



**Gambar 2.9 Model bahan bakar 8 (*Closed timber litter*)**

Sumber: Anderson (1982)

##### **2. Model bahan bakar 9 (*Hardwood litter*)**

Kebakaran yang menyebar melalui permukaan serasah pada model bahan bakar ini menyebar lebih cepat dari model bahan bakar 8. Angin kencang dapat menyebabkan tingkat penyebaran api yang tinggi terhadap model ini. Jenis pohon pinus seperti *ponderosa*, *Jeffrey*, dan pinus merah termasuk dalam model bahan bakar ini. Gambaran terhadap model bahan bakar dimodel ini dapat dilihat pada Gambar 2.10.



**Gambar 2.10 Model bahan bakar 9 (*Hardwood litter*)**

Sumber: Anderson (1982)

3. Model bahan bakar 10 (*Timber (litter and understory)*)

Kebakaran terjadi pada bahan bakar yang berada di atas tanah. Bahan bakar yang mati pada model bahan bakar ini yaitu yang memiliki ukuran lebih besar dari 3 inci (7,6cm) yang terjadi akibat overmaturitas atau kejadian alam yang terjadi. Gambaran terhadap model bahan bakar dimodel ini dapat dilihat pada Gambar 2.11.



**Gambar 2.11 Model bahan bakar 10 (*Timber (litter and understory)*)**

Sumber: Anderson (1982)

**1.2.1.4 *Slash (Logging Slash Group) Group***

Perkiraan tingkat penyebaran api pada *Logging Slash Group* adalah dari rendah sampai dengan tinggi. Terdiri dari model bahan bakar 11, 12, 13.

1. Model bahan bakar 11 (*Light logging slash*)

Kebakaran aktif terjadi terhadap potongan pohon dan bahan bakar herba. Serasah jarum atau sedikit rerumputan atau semak belukar dapat membantu menyebarkan api kepada model bahan bakar ini, potongan pohon adalah bahan bakar utama pada model bahan bakar ini. Potongan pohon berdiameter kurang dari 3 inci dengan total bahan bakar kurang dari 1200 ton per hektar. Gambaran terhadap model bahan bakar di model ini dapat dilihat pada Gambar 2.12.



**Gambar 2.12 Model bahan bakar 11 (*Light logging slash*)**

Sumber: Anderson (1982)

2. Model bahan bakar 12 (*Medium logging slash*)

Model bahan bakar ini dapat menyebarkan api dengan intensitas yang tinggi. Didominasi oleh potongan pohon berdiameter kurang lebih 3 inci dengan total bahan bakar kurang dari 3500 ton per hektar. Gambaran terhadap model bahan bakar di model ini dapat dilihat pada Gambar 2.13.



**Gambar 2.13 Model bahan bakar 12 (*Medium logging slash*)**

Sumber: Anderson (1982)

3. Model bahan bakar 13 (*Heavy logging slash*)

Api umumnya dibawa menyebar melintasi daerah dengan lapisan potongan pohon yang terus menerus. Potongan pohon berdiameter lebih besar dari 3 inci dengan total bahan bakar melebihi 20000 ton per hektar. Gambaran terhadap model bahan bakar di model ini dapat dilihat pada Gambar 2.14.





**Gambar 2.14 Model bahan bakar 13 (*Heavy logging slash*)**

Sumber: Anderson (1982)

### 1.2.2 Kelembaban Bahan Bakar

Kelembaban bahan bakar merupakan representasi jumlah air dalam komponen bahan bakar. Kelembaban bahan bakar adalah hasil dari kejadian cuaca masa lalu dan sekarang. Ukuran dari masing-masing bahan bakar akan mempengaruhi api, dimana semakin kecil ukuran bahan bakar maka panas akan cepat terserap ke bahan bakar tersebut yang menyebabkan bahan bakar dengan ukuran yang kecil akan lebih mudah terbakar. Kelembaban dari bahan bakar akan mempengaruhi penyerapan panas yang dapat memicu api. Cuaca akan mempengaruhi tingkat kelembaban bahan bakar yang hidup dan bahan bakar mati, oleh karena itu metode untuk memperkirakan nilai bahan bakar yang hidup dan yang mati akan berbeda (Rothermel, 1983).

Kelembaban bahan bakar hidup bisa berkisar sekitar 40 persen, namun sebagian besar tanaman akan menjadi kering dan mati. Bahan bakar mati biasanya kurang dari 30 persen. Nilai kelembaban bahan bakar hidup merupakan hasil perubahan fisiologis tanaman yang disebabkan oleh musim, kejadian presipitasi, tren suhu, dan spesies. Kelembaban bahan bakar hidup dapat di evaluasi dengan tiga cara, yaitu: *sampling* dan pengukuran, dari catatan terkini stasiun pemadam kebakaran bahaya nasional terdekat, estimasi dari pengamatan, dan tabel indikator. Jika data tidak tersedia maka dapat menggunakan perkiraan kasar untuk menentukan kelembaban bahan bakar hidup dengan melalui estimasi tahap pengembangan tanaman yang dapat dilihat di Tabel 2.2. Konsumsi bahan bakar hidup diperlukan untuk model bahan bakar 2, 4, 5, 7, dan 10.

**Tabel 2.2 Pedoman untuk memperkirakan kelembaban bahan bakar hidup**

Tahap perkembangan tanaman	Besar kelembaban
	Persen
Dedaunan segar, berkembang dalam setahun, awal siklus tumbuh	300
Berkembang menjadi dedaunan dewasa, pemadatan sel tumbuhan	200

Dedaunan dewasa, tahap pertumbuhan daun baru telah selesai dan dedaunan terlihat setara dengan dedaunan yang lebih tua	100
Memasuki tahap dormansi, mulai berwarna tua, beberapa daun telah gugur	50
Sepenuhnya mengering	Kurang dari 30 persen, dan dapat dikatakan sebagai bahan bakar mati

Sumber: Anderson (1982)

### 1.2.3 Angin

Angin adalah pergerakan udara yang disebabkan oleh perbedaan tekanan udara di atmosfer bumi. Udara dengan tekanan tinggi akan bergerak ke arah area yang bertekanan rendah, semakin besar tekanan, semakin cepat aliran udara. Angin direpresentasikan dengan arah dan kecepatan. Arah angin dinyatakan sebagai arah dari mana angin bertiup. Kecepatan angin didasarkan pada deskripsi angin dalam skala Beaufort, yang membagi kecepatan angin kedalam 12 kategori yang berbeda (The National Center for Atmospheric Research, 2003)

### 1.2.4 Kemiringan Lahan/Lereng

Lereng merupakan permukaan tanah alam yang terlihat menonjol karena adanya perbedaan tinggi pada suatu tempat, tingkat kemiringan lereng dapat dilihat dari kontur tanahnya (Testindo, 2017). Kebakaran akan menyebar dengan cepat pada lereng, kemiringan lahan dan pengaruh angin dan curamnya kemiringan lahan akan membuat kebakaran lebih cepat menyebar (Rothermel, 1983).

## 1.3 Algoritme Tingkat Penyebaran Api (*Rate of Spread*)

Dalam simulasi penyebaran api yang dilakukan dengan menggunakan GRASS GIS, tingkat penyebaran api (*Rate of Spread*) dihitung berdasarkan BEHAVE model pada Gambar 2.1 (Andrews, 1986). Masukan data yang menentukan tingkat penyebaran api adalah berupa bahan bakar, kelembaban, kecepatan angin dan arah angin, dan kemiringan permukaan tanah. Berikut adalah algoritma dari tingkat penyebaran api (Persamaan 2.1).

$$R = \frac{I_R \xi (1 + \phi_W + \phi_S)}{\rho_b \epsilon Q_{ig}} \quad (\text{Persamaan 2.1})$$

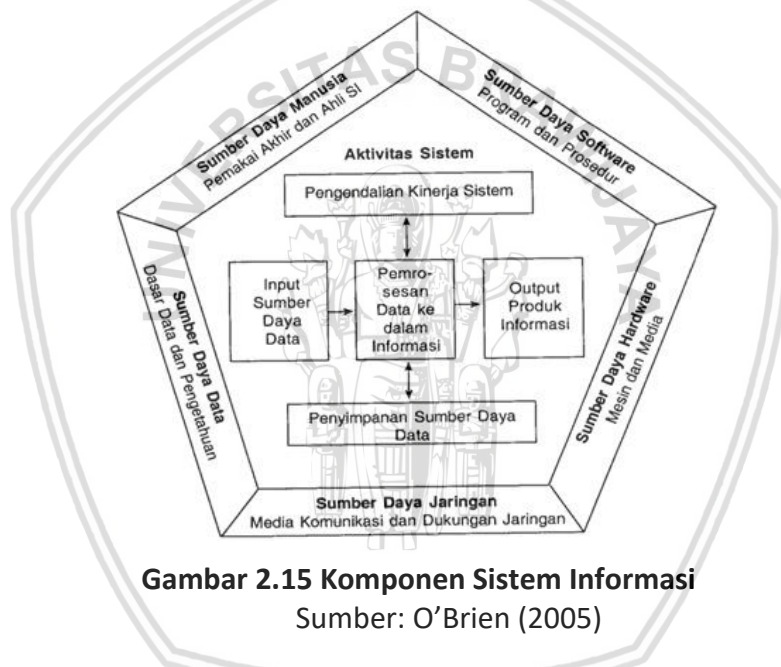
Dimana:

- $R$  : Tingkat penyebaran api (*Rate of spread*) dalam m/s
- $I_R$  : Intensitas reaksi dalam kW/m
- $\xi$  : Penyebaran rasio flux

- $\varphi_w$  : Koefisien angin  
 $\varphi_s$  : Faktor kemiringan  
 $\rho_b$  : Bahan bakar kering per meter kubik dari *fuel bed* dalam  $\text{Kg/m}^3$   
 $\varepsilon$  : Angka pemanasan efektif  
 $Q_{ig}$  : Panas dari pra pengapian dalam kJ/kg  
 Sumber: Rothermel (1972)

## 1.4 Sistem Informasi

Menurut O'Brien (2005), sistem informasi adalah suatu kombinasi teratur dari manusia, *hardware*, *software*, jaringan komputer dan jaringan komunikasi, dan basis data yang mengumpulkan, mengubah dan menyebarkan informasi di dalam suatu bentuk organisasi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada (Gambar 2.15) tentang komponen sistem informasi.



**Gambar 2.15 Komponen Sistem Informasi**  
 Sumber: O'Brien (2005)

## 1.5 Sistem Informasi Geografis (SIG)

Menurut Aronoff (1989), SIG adalah suatu sistem berbasis komputer yang mampu menangani data bereferensi geografi yaitu pemasukan data, manajemen data (penyimpanan dan pemanggilan kembali), manipulasi dan analisis data, serta keluaran sebagai hasil akhir (*output*). Hasil akhir (*output*) dapat dijadikan acuan dalam pengambilan keputusan pada masalah yang berhubungan dengan geografi.

Dengan demikian aplikasi SIG dapat menjawab beberapa pertanyaan berkenaan dengan (Budianto et al., 2010.):

1. Lokasi = Ada apa di lokasi tertentu (di lereng gunung, di desa A), apa yang terjadi di lokasi tersebut (rawan banjir, ada deposit emas, curah hujannya tinggi, dan sebagainya).

2. Kondisi = Dimana lokasi jalan yang paling macet, berapa besar potensi tambang yang ada di Kabupaten X dan sebagainya.
3. Kecenderungan/Trend = Seberapa besar tingkat degradasi kawasan hutan lindung di DAS dan sebagainya.
4. Pola = Bagaimana hubungan antara jenis tanah dan produksi gondorukem, bagaimana pola penyebaran penyakit di sekitar kawasan industri kayu dsb.
5. Simulasi/*Modeling* = Berapa besar menurunnya erosi bila luas hutan di hulu Sungai Jeneberang meningkat sebesar 1.000 hektar.

### **1.6 Tangible Landscape**

Dalam ilmu spasial sistem informasi geografis, *tangible landscape* digunakan untuk mengkomputasi model, mensimulasi, dan menganalisa proses yang terjadi dan dampak pada *landscape* di dunia nyata. *Tangible landscape* bertujuan untuk membuat interaksi antara manusia dan komputer lebih alami dan intuitif dengan memberikan data digital bentuk fisik dan bentuk fisik dari dimensi digital. Secara konseptual *tangible landscape* memadukan model fisik dengan model digital dengan siklus umpan balik secara *real-time* dengan pemindaian 3D, permodelan simulasi geospasial, dan proyeksi. *Tangible landscape* dapat digunakan untuk membentuk bentang alam, menganalisis topografi, memodelkan aliran air dan erosi tanah, menganalisis titik pantau, perencanaan jaringan jalan, menganalisis dinamika radiasi matahari, mensimulasi dan mengelola kebakaran (Petrasova et al., 2016).

### **1.7 GRASS GIS**

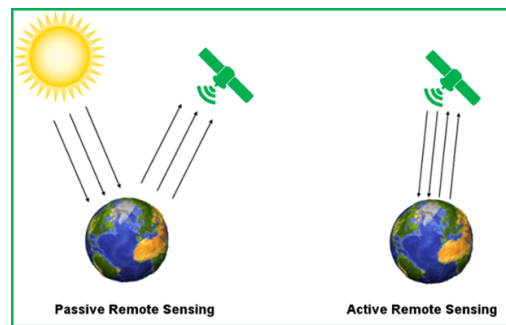
GRASS GIS sering disebut juga sebagai GRASS (*Geographic Resources Analysis Support System*) adalah sistem informasi geografis (GIS) gratis dan rangkaian *software open source* yang digunakan untuk manajemen data geospasial dan analisis, pengolahan gambar, produksi grafis dan peta, pemodelan spasial dan visualisasi. GRASS GIS sekarang ini banyak digunakan di bidang akademik dan komersial di seluruh dunia dan juga oleh banyak lembaga pemerintah dan perusahaan konsultan lingkungan (GRASS GIS, 2017).

### **1.8 Remote Sensing**

*Remote sensing* adalah ilmu untuk mendapatkan suatu informasi mengenai objek atau area dari jarak jauh, biasanya menggunakan pesawat terbang atau dari satelit. *Remote sensing* menggunakan sensor jarak jauh untuk mengumpulkan data dengan mendeteksi energi yang tercermin dari bumi. Sensor jarak jauh ini dapat bersifat pasif atau aktif, sensor pasif merekam energi alami yang tercermin atau dipancarkan oleh permukaan bumi yang tercermin dari sinar matahari, sedangkan sensor aktif menggunakan rangsangan internal untuk mengumpulkan data tentang bumi. Contohnya memindaikan laser ke



permukaan bumi dan menerima kembali hasil pantulan laser tersebut (NOAA, 2017).



**Gambar 2.16 Remote Sensing**

### **1.8.1 Digital Elevation Model (DEM)**

*DEM* adalah data raster dari permukaan bumi yang kontinyu, keakuratan datanya terutama ditentukan oleh resolusi (jarak antara titik sampel). Faktor lain yang mempengaruhi keakuratan data *DEM* adalah tipe data dari *DEM* itu sendiri (bilangan bulat atau floating point) dan pengambilan sampel data ketinggian sebenarnya di permukaan bumi saat membuat *DEM* (Environmental Systems Research Institute, 2012).

### **1.8.2 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)**

*NDVI* adalah data raster yang mengkuantifikasi vegetasi dengan mengukur perbedaan antara nilai near-infrared dan nilai cahaya merah pada band citra data raster (GIS Geography, 2018). Diwarnai dengan gradasi warna yang berkisar dari coklat ke hijau. Nilai *NDVI* yang rendah berkisar dengan nilai 0,1 kebawah yang ditampilkan dengan warna coklat muda dan merepresentasikan daerah tandus dari batuan, pasir, atau salju. Nilai *NDVI* yang tinggi berkisar dengan nilai 0,6-0,9 yang ditampilkan dengan warna hijau gelap merepresentasikan hutan hujan tropis dan sedang (ESRI, 2018).

### **1.8.3 Landsat 8**

Landsat 8 merupakan sebuah satelit yang diluncurkan pada 11 Februari 2013, dari Vandenberg Air Force Base, California. Satelit *payload* Landsat 8 terdiri dari dua instrumen sains, *Operational Land Imager (OLI)*, dan *Thermal Infrared Sensor (TIRS)*. Kedua sensor dari Landsat 8 ini menangkap data secara musiman dari daratan secara global dengan resolusi spasial sebesar 30 meter (NASA, 2018).

## **1.9 Tahura R. Soerjo**

Tahura R. Soerjo merupakan suatu kawasan yang terdiri atas Cagar Alam Arjuno Lalijiwo (PHPA) seluas 4.960 Ha, di dalamnya terdapat hutan lindung (Gunung Anjasmoro, Gunung Gede, Gunung Biru dan Gunung Limas, dan lainnya) seluas 22.868,30 Ha. Dan sebagian lainnya berupa tanah RVE (*Rech van Eigendom*) seluas 40 Ha. Tahura R. Soerjo merupakan kawasan pelestarian alam

yang digunakan untuk tujuan koleksi tumbuhan dan atau satwa yang alami atau buatan, jenis asli atau bukan asli, yang dimanfaatkan bagi kepentingan penelitian, ilmu pengetahuan, pendidikan, menunjang budidaya, budaya, pariwisata dan rekreasi dalam kelompok Hutan Arjuno Lalijiwo, seluas 27.868,30 Ha yang terletak di Kabupaten Mojokerto, Pasuruan, Malang, Jombang, Kediri, dan Kota Batu Provinsi Jawa Timur (UPT Tahura R. Soerjo SKPPH Mojokerto, 2014).

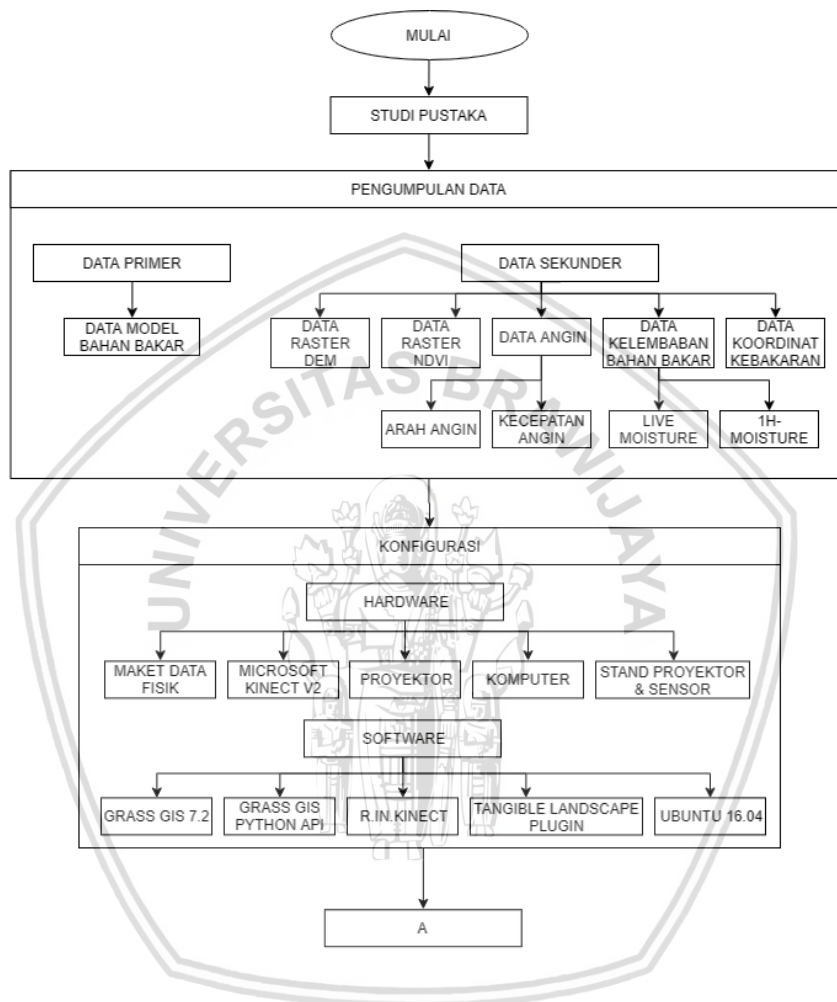
### **1.10 Difference Analytics**

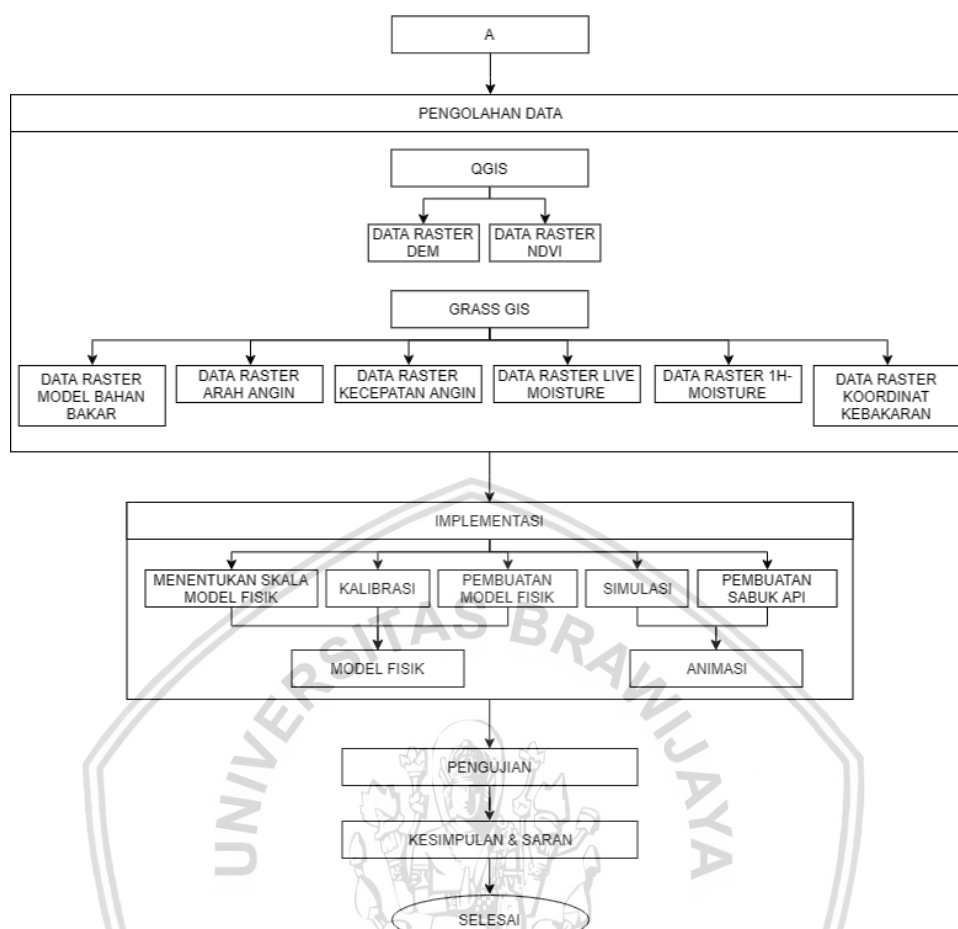
Menurut Buku *Tangible Modeling with Open Source GIS* tahun 2014 oleh Anna Petrasova, Brendan Harmon, Vaclav Petras, dan Helena Mitasova tentang metode *tangible landscape*, *Different analytic* merupakan suatu metode untuk membantu dalam pembuatan model fisik 3D, *different analytic* menggunakan module regresi dan *color* pada GRASS GIS, metode ini memberikan panduan berupa warna merah dan biru, ketika ada bagian model fisik yang berwarna merah maka pasir pada bagian tersebut harus kurang dan jika berwarna biru maka pasir pada bagian model yang berwarna biru harus ditambahkan, proses ini dilakukan sampai panduan warna merah dan biru menghilang (Petrasova et al., 2016).



## BAB 3 METODOLOGI

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah yang akan dilakukan penulis demi tercapainya tujuan penelitian yang sebelumnya telah dijelaskan pada Bab I. Metodologi penelitian, merupakan prosedur yang akan dilakukan penulis demi tercapainya tujuan tersebut, dan dapat dilihat pada Gambar 3.1.





**Gambar 3.1 Metodologi Penelitian**

## 1.1 Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan dengan tujuan untuk mempelajari bagaimana pustaka dari beberapa bidang ilmu yang berhubungan dengan pembuatan *tangible landscape* untuk simulasi penyebaran api pada Gunung Arjuno kawasan Tahura R. Soerjo. Teori-teori yang dipelajari yaitu :

1. Teori tentang perkiraan penyebaran api pada hutan.
2. *Tangible Landscape*.

Sumber atau referensi yang digunakan sebagai penunjang dan pendukung penelitian ini antara lain buku, paper, jurnal dan laporan penelitian.

## 1.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data adalah proses untuk menentukan dan mengumpulkan kebutuhan data apa saja yang diperlukan dalam penelitian. Dalam hal ini kebutuhan data yang diperlukan adalah (Tabel 3.1):

1. Data DEM terkait lokasi Gunung Arjuno, sumber data menggunakan situs <http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/> yang berupa data DEM ALOS tahun 2015.

2. Kebutuhan data mengenai model bahan bakar, diperoleh dengan cara survei langsung ke lapangan, vegetasi yang ada merupakan bahan bakar dari api pada kebakaran hutan. Dalam menentukan model bahan bakar, ada beberapa pertimbangan yang dapat digunakan, dalam penelitian ini peneliti dapat menentukan model bahan bakar berdasarkan model bahan bakar yang paling dominan di area penelitian (Rothermel, 1983).
3. Data NDVI untuk mengolah data mengenai model bahan bakar dan kelembaban bahan bakar, tersedia secara online dengan mengakses situs <https://earthexplorer.usgs.gov/>.
4. Data mengenai arah dan kecepatan angin menggunakan data pada tahun 2015 yang diperoleh dari BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika) yang diakses secara online di situs <http://dataonline.bmkg.go.id/home>.
5. Data mengenai kelembaban bahan bakar, data kelembaban tersebut antara lain *live moisture* dan *1h-moisture* dari bahan bakar yang ditentukan dari asumsi peneliti yang merujuk pada panduan penentuan kelembaban bahan bakar yang dibahas pada penelitian Rothermel (1983).
6. Data koordinat kebakaran yang terjadi pada Gunung Arjuno, diperoleh langsung dari kantor UPT Taman Hutan Raya Tahura R. Soerjo, dan data mengenai koordinat kebakaran yang tersedia adalah data pada tahun 2015.

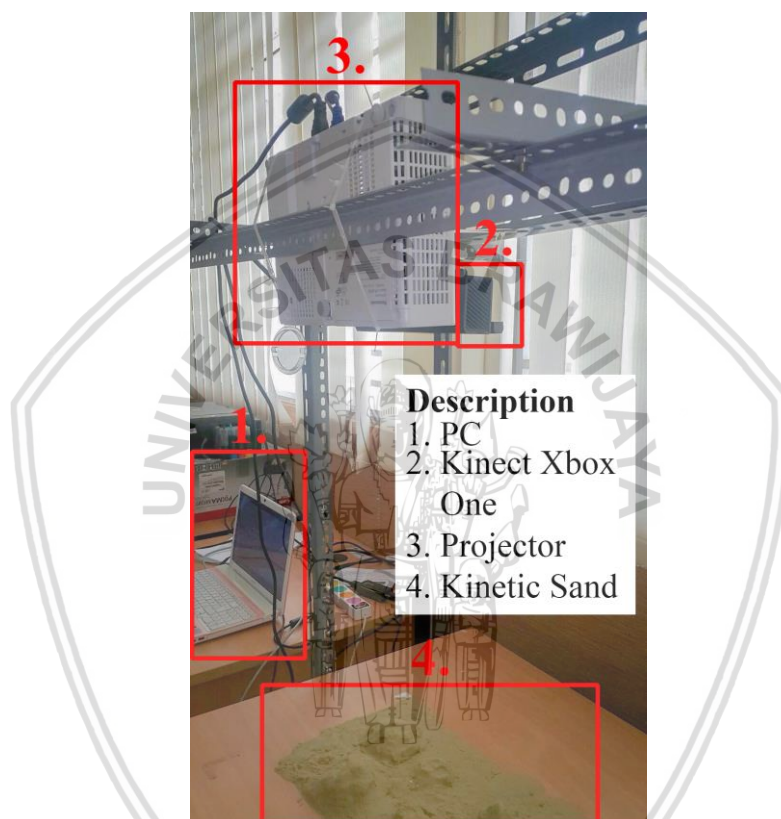
Tabel 3.1 Data

Data	Tipe Data	Format	Skala/Resolusi	Source
NDVI	Raster	GeoTiff	30 Meter	<a href="https://earthexplorer.usgs.gov/">https://earthexplorer.usgs.gov/</a>
DEM	Raster	GeoTiff	30 Meter	JAXA 2015
Slope	Raster	GeoTiff	30 Meter	Diproses dengan DEM
Aspect	Raster	GeoTiff	30 Meter	Diproses dengan DEM
Fuel Model	Raster	GeoTiff	30 Meter	Diproses dengan NDVI
Wind Direction	Raster	GeoTiff	30 Meter	Diproses dengan NDVI
Wind Speed	Raster	GeoTiff	30 Meter	Diproses dengan NDVI
Live Moisture	Raster	GeoTiff	30 Meter	Diproses dengan NDVI

### 1.3 Konfigurasi Sistem

Sebelum melakukan konfigurasi sistem, kebutuhan dalam pembuatan sistem ini harus diketahui terlebih dahulu, kebutuhan tersebut meliputi:

1. Kebutuhan *Hardware*
  - a) Maket pemodelan data fisik dengan pasir kinetik/polimer
  - b) Perangkat 3D *Scanning* Microsoft Kinect V2
  - c) Proyektor dengan resolusi minimal WXGA (1280x800)
  - d) Komputer
  - e) Stand untuk proyektor dan sensor



Gambar 3.2 Ilustrasi perangkat simulasi

2. Kebutuhan *Software*
  - a) GRASS GIS 7.2
  - b) GRASS GIS Python API
  - c) *Scanning Components* GRASS GIS addon r.in.kinect
  - d) *Tangible Landscape Plugin*
  - e) Sistem Operasi Ubuntu minimal versi 16.04

### 1.4 Implementasi *Tangible Landscape*

Pada tahapan ini peneliti melakukan pembuatan model dan membuat simulasi mengenai penyebaran api menggunakan *software* GRASS GIS dan *tangible landscape*, dan menampilkan hasil simulasi penyebaran api dalam bentuk dokumentasi video dan foto, beserta rekomendasi pembuatan sabuk api.

## 1.5 Pengujian

Tangible landscape akan diuji dengan menggunakan pengujian *Difference Analytic*. Pengujian *difference analytic* dilakukan untuk menguji kesesuaian model fisik dengan data elevasi yang sebenarnya dari daerah penelitian.

## 1.6 Kesimpulan

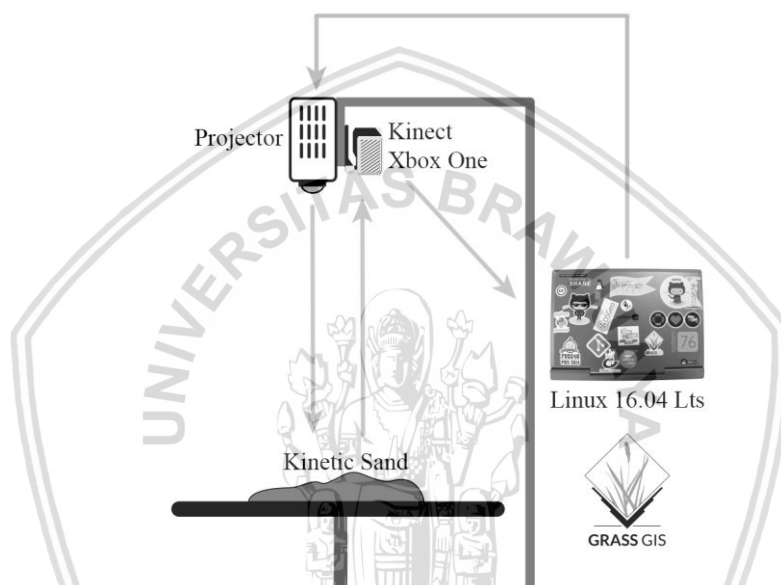
Kesimpulan dengan dibangunnya perangkat sistem simulasi perkiraan penyebaran api dengan metode *tangible landscape* ini adalah untuk mengetahui perkiraan pola penyebaran api pada Gunung Arjuno kawasan Tahura R. Soerjo sehingga pola penyebaran api yang terjadi dapat diidentifikasi dan nantinya dapat digunakan untuk membuat keputusan atau rekomendasi penanggulangan terhadap kebakaran yang terjadi.





## BAB 4 KONFIGURASI DAN PENGOLAHAN DATA

Pada Bab ini akan dibahas mengenai tahapan konfigurasi *hardware* dan *software* dan bagaimana data yang diperlukan untuk menjalankan simulasi diolah. Sistem *tangible landscape* terdiri atas 4 komponen utama yaitu: (a) Model fisik yang dapat diubah oleh pengguna, (b) 3D Scanner, (c) Sebuah proyektor, (d) Sebuah komputer yang telah terinstall GRASS GIS untuk permodelan geospasial dan *software* tambahan lain untuk menghubungkan semua komponen secara bersamaan. Berikut gambaran umum tentang cara kerja sistem (Gambar 4.1).



**Gambar 4.1 Ilustrasi Sistem *Tangible Landscape***

Sumber: [https://tangible-landscape.github.io/images/system\\_setup.png](https://tangible-landscape.github.io/images/system_setup.png)

Sebuah model fisik yang dibuat dengan pasir kinetik yang berada di atas meja akan dipindai oleh 3D Scanner Microsoft Kinect Xbox One yang berada di atas model fisik, lalu hasil pindaian di *import* ke dalam GRASS GIS dan diproses untuk pembuatan DEM. DEM akan digunakan untuk melakukan komputasi analisis geospasial yang diinginkan. Hasil dari gambar atau animasi akan langsung ditampilkan ke atas model fisik yang telah dimodifikasi secara *real-time*.

### 1.1 Konfigurasi *Hardware*

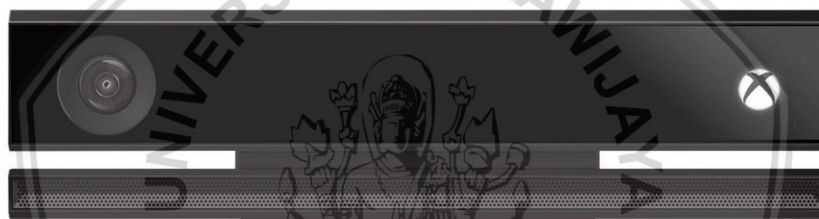
Pada konfigurasi *hardware* terdapat penjelasan mengenai proses konfigurasi *hardware* dan deskripsi singkat masing-masing *hardware* utama yang digunakan dan fungsi *hardware* tersebut di dalam sistem *tangible landscape*.

#### 1.1.1 3D Scanner

Dalam sistem *tangible landscape*, 3D Scanner berfungsi untuk menangkap masukan dari model fisik yang akan atau telah di ubah/modifikasi oleh

pengguna. Sistem *tangible landscape* dikembangkan dengan menggunakan *Microsoft Kinect V2* (Gambar 4.2). Prinsip kerja dari 3D *scanning* ini adalah dengan menggunakan teknik triangulasi terhadap peta 3D dengan cara kerja yang sama seperti sistem visual indera manusia saat merasakan kedalaman dari 2 gambar yang berbeda.

*Microsoft Kinect V2* (Gambar 4.2) menggunakan teknik *time-of-flight*, yang merupakan sebuah teknik yang digunakan dalam teknologi lidar. *Kinect V2* memiliki sensor yang secara tidak langsung memancarkan sinar *infrared* jarak pendek ke permukaan target dan menerima pantulan sinar *infrared* tersebut kembali ke sensor. Umumnya sensor sinar *infrared* jarak pendek ini sangat sensitif terhadap cahaya, maka dari itu penggunaan di luar ruang dengan menggunakan sensor ini tidak direkomendasikan. Resolusi kedalaman dari sensor ini dipengaruhi oleh jarak sensor terhadap bidang permukaan, jarak dan sudut pandang dari sensor ini juga dapat bervariasi. *Tangible landscape* membutuhkan sensor *Microsoft Kinect V2* yang dipasang diatas model dengan ketinggian minimal 0.5 meter dan maksimal 1 meter, hal ini untuk mendapatkan hasil dengan resolusi setinggi dan sebaik mungkin.



**Gambar 4.2 Microsoft Kinect V2**

Sumber: <http://www.ign.com/articles/2015/04/06/microsoft-will-stop-producing-kinect-v2-sensors-for-windows>

### 1.1.2 Proyektor

Proyektor berguna untuk menampilkan latar belakang data geospasial dan hasil dari analisis ke atas model fisik 3D. Resolusi dan kecerahan proyektor yang digunakan menjadi spesifikasi yang penting. Rekomendasi proyektor yang dapat digunakan minimal beresolusi WXGA (1280x800) dan memiliki kecerahan minimal 3000 lumens. Penempatan dan konfigurasi dari proyektor sangatlah penting karena akan mempengaruhi tutupan, distorsi, dan visibilitas dari proyeksi data, data yang diproyeksikan dapat berupa data raster atau vektor sesuai yang dibutuhkan pengguna.

### 1.1.3 Komputer

Kebutuhan *hardwear* komputer pada sistem *tangible landscape*, sama halnya dengan kebutuhan komputer *gaming*, yang mempunyai spesifikasi *multi-core processor*, ram minimal 4GB, dan didukung oleh *graphic card* yang baik, *graphic card* yang baik sangat penting untuk menunjang interaksi secara *real-time* dengan model fisik. Dalam hal ini spesifikasi *hardwear* komputer yang digunakan

oleh peneliti adalah: Processor Intel core i3 1.8 ghz, RAM 8 GB, VGA Card nvidia GT 635M 2 GB, dan USB 3.0 controller.

## 1.2 Konfigurasi Software

Software yang digunakan dalam *tangible landscape* terdiri dari beberapa komponen software yang berbeda, antara lain Sistem Operasi Ubuntu minimal versi 14.04 atau yang terbaru, GRASS GIS, GRASS GIS Python API, *scanning components*, dan *tangible landscape plugin*. Dalam penelitian ini sistem operasi yang digunakan adalah Ubuntu versi 16.04. Konfigurasi software yang dilakukan dalam penelitian ini adalah hanya mencakup konfigurasi pada sistem operasi Ubuntu 16.04, untuk panduan konfigurasi yang lebih lengkap dan konfigurasi dengan sistem operasi selain Ubuntu dapat merujuk ke <https://github.com/tangible-landscape/grass-tangible-landscape>.

### 1.2.1 GRASS GIS

GRASS GIS (Neteler dan Mitsova, 2008) adalah *software cross-platform* dan *open-source*. Merupakan sistem informasi geografis yang dapat mengolah data raster, vector, 3D raster dan berkemampuan untuk memproses citra satelit. Memuat lebih dari 400 modul untuk mengelola data spasial dan data geografis dan banyak modul lainnya dari kontribusi pengguna yang tersedia dalam *add-on repository*. Modul GRASS GIS dapat dijalankan menggunakan *command-line interface (CLI)* atau secara *native graphical user interface (GUI)* yang disebut wxGUI yang memberikan kombinasi dari GUI dan CLI yang baik. GRASS GIS pada *tangible landscape* digunakan untuk mengolah data dan untuk manajemen basis data yang diperlukan.

Dalam sistem *tangible landscape* dibutuhkan GRASS GIS versi 7.2. Berikut *source code* dalam instalasi GRASS GIS.

#### 1. Install GRASS GIS 7.0

```
sudo add-apt-repository ppa:ubuntugis/ubuntugis-stable
```

```
root@adhfbr-Geoinformatics:~# sudo add-apt-repository ppa:ubuntugis/u
buntugis-stable
```

Gambar 4.3 Add ubuntu repository

```
sudo apt-get update
```

```
root@adhfbr-Geoinformatics:~# sudo apt-get update
```

Gambar 4.4 Memperbarui program

```
sudo apt-get install grass
```

```
root@adhfbr-Geoinformatics:~# sudo apt-get update install grass
```

**Gambar 4.5 Install GRASS GIS 7.0**

2. Lalu install dependensi dari GRASS GIS 7.2 yang berupa library PROJ4, GEOS, GDAL.

```
sudo apt-get install \
build-essential \
    flex make bison gcc libgcc1 g++ cmake ccache \
    python python-dev \
    python-opengl \
    python-wxversion python-wxtools python-wxgtk3.0 \
    python-dateutil libgsl-dev python-numpy \
    wx3.0-headers wx-common libwxgtk3.0-dev \
    libwxbase3.0-dev \
    libncurses5-dev \
    zlib1g-dev gettext \
    libtiff5-dev libpnglite-dev \
    libcairo2 libcairo2-dev \
    sqlite3 libsqlite3-dev \
    libpq-dev \
    libreadline6 libreadline6-dev libfreetype6-dev \
    libfftw3-3 libfftw3-dev \
    libboost-thread-dev libboost-program-options-dev libblas-c-dev \
    resolvconf \
    libjasper-dev \
    subversion \
    libav-tools libavutil-dev ffmpeg2theora \
    libffmpegthumbnailer-dev \
    libavcodec-dev \
    libxmu-dev \
    libavformat-dev libswscale-dev \
    checkinstall \
    libglu1-mesa-dev libxmu-dev \
    ghostscript \
    libproj-dev proj-data proj-bin \
    libgeos-dev \
    libgdal-dev python-gdal gdal-bin
```

```

root@adhfbr-Geoinformatics:~# sudo apt-get install \
> build-essential \
> flex make bison gcc libgcc1 g++ cmake ccache \
> python python-dev \
> python-opengl \
> python-wxversion python-wxtools python-wxgtk3.0 \
> python-dateutil libgs-dev python-numpy \
> wx3.0-headers wx-common libwxgtk3.0-dev \
> libwxbase3.0-dev \
> libncurses5-dev \
> zlib1g-dev gettext \
> libtiff5-dev libpnglite-dev \
> libcairo2 libcairo2-dev \
> sqlite3 libsqlite3-dev \
> libpq-dev \
> libreadline6 libreadline6-dev libfreetype6-dev \
> libfftw3-3 libfftw3-dev \
> libboost-thread-dev libboost-program-options-dev libblas-c-
dev \
> resolvconf \
> libjasper-dev \
> subversion \
> libav-tools libavutil-dev ffmpeg2theora \
> libffmpegthumbnailer-dev \
> libavcodec-dev \
> libxmu-dev \
> libavformat-dev libswscale-dev \
> checkinstall \
> libglu1-mesa-dev libxmu-dev \
> ghostscript \
> libproj-dev proj-data proj-bin \
> libgeos-dev \
> libgdal-dev python-gdal gdal-bin

```

**Gambar 4.6 Install dependensi GRASS GIS 7.2**

1. Lalu *download* dan *install* subversi GRASS GIS

```

Svn checkout https://svn.osgeo.org/grass/grass/branches/releasebranch_7_2
grass72_release

```

```

root@adhfbr-Geoinformatics:/home/adhfbr# Svn checkout https://svn.osgeo.org/grass/grass/branches/releasebranch_7_2 grass72_release

```

**Gambar 4.7 Download subversi GRASS GIS**

```

cd grass72_release

```

```

root@adhfbr-Geoinformatics:/home/adhfbr# cd grass72_release

```

**Gambar 4.8 Mengakses direktori grass72\_release**

```

CFLAGS="-O2 -Wall" LDFLAGS="-s" ./configure \
--enable-largefile=yes \
--with-nls \
--with-cxx \
--with-readline \
--with-pthread \
--with-proj-share=/usr/share/proj \
--with-geos=/usr/bin/geos-config \
--with-wxwidgets \
--with-cairo \
--with-opengl-libs=/usr/include/GL \
--with-freetype=yes --with-freetype-includes="/usr/include/freetype2/"
\
--with-postgres=yes --with-postgres-includes="/usr/include/postgresql"
\
--with-sqlite=yes \
--with-mysql=yes --with-mysql-includes="/usr/include/mysql" \

```



```
--with-odbc=no \
--with-liblas=yes --with-liblas-config=/usr/bin/liblas-config
```

```
root@adhfbr-Geoinformatics:/home/adhfbr# CFLAGS="-O2 -Wall" LDFLAGS=
"-s" ./configure \
> --enable-largefile=yes \
> --with-nls \
> --with-cxx \
> --with-readline \
> --with-pthread \
> --with-proj-share=/usr/share/proj \
> --with-geos=/usr/bin/geos-config \
> --with-wxwidgets \
> --with-cairo \
> --with-opengl-libs=/usr/include/GL \
> --with-freetype=yes --with-freetype-includes="/usr/include/freet
ype2/" \
> --with-postgres=yes --with-postgres-includes="/usr/include/postg
resql" \
> --with-sqlite=yes \
> --with-mysql=yes --with-mysql-includes="/usr/include/mysql" \
> --with-odbc=no \
> --with-liblas=yes --with-liblas-config=/usr/bin/liblas-config
```

Gambar 4.9 Konfigurasi GRASS GIS 7.2

```
make -j4
```

```
root@adhfbr-Geoinformatics:/home/adhfbr# make -j4
```

Gambar 4.10 Build Installation Package

```
sudo make install
```

```
root@adhfbr-Geoinformatics:/home/adhfbr# sudo make install
```

Gambar 4.11 Install subversi GRASS GIS 7.2

### 1.2.2 GRASS GIS Python API

GRASS GIS dapat menyediakan dan menangani beberapa *Python programming interfaces* (API) yang berisi fungsi-fungsi yang berbeda. *Tangible Landscape* menggunakan *Python Scripting Lybrary* untuk mempermudah pembangunan *workflows* dengan mengikatnya secara bersamaan kedalam modul GRASS GIS.

Dalam hal ini GRASS GIS Python API yang dibutuhkan oleh *tangible landscape* adalah *Python package watchdog*. Berikut *source code* instalasi *Python package watchdog*.

```
sudo apt-get install python-pip
```

```
root@adhfbr-Geoinformatics:/home/adhfbr# sudo apt-get install python-
pip
```

Gambar 4.12 Install dan download python API

```
sudo pip install watchdog
```

```
root@adhfbr-Geoinformatics:/home/adhfbr# sudo pip install watchdog
```

**Gambar 4.13 Install dan download python watchdog**

### 1.2.3 Scanning Components *r.in.kinect*

*Scanning components* berfungsi untuk merekonstruksi bentuk berdasarkan beberapa pemindaian menggunakan *Kinect Fusion Algorithm* (Newcombe et al., 2011) dan menuliskannya ke *point cloud* sebagai file teks. Fungsi ini memungkinkan kita untuk mengatur *property* pemindaian, seperti resolusi dari bentuk yang direkonstruksi dan batas volume bentuk.

Komponen pemindaian yang dibutuhkan oleh GRASS GIS adalah GRASS GIS addon *r.in.kinect*, dalam GRASS GIS addon *r.in.kinect* terdapat dependensi yang harus disiapkan seperti *libfreenect2* yang merupakan *driver* dari *hardware* Microsoft Kinect V2, PCL, dan OpenCV.

#### 1.2.3.1 Libfreenect2

Libfreenect 2 adalah sebuah *driver* untuk Microsoft Kinect V2, dimana *driver* ini tidak akan bekerja pada *Microsoft Kinect V1* atau sensor *Xbox 360*. Fitur yang dapat di dukung oleh *driver* libfreenect2 ini adalah transfer gambar RGB, IR dan transfer gambar kedalaman, registrasi RGB dan gambar kedalaman. Berikut adalah langkah-langkah dan *source code* dalam instalasi libfreenect2:

1. Install dependensi Libfreenect2

```
sudo apt-get install build-essential cmake pkg-config git libusb-1.0-0-dev libturbojpeg libjpeg-turbo8-dev libglfw3-dev
```

```
root@adhfbr-Geoinformatics:/home/adhfbr# sudo apt-get install build-essential cmake pkg-config git libusb-1.0-0-dev libturbojpeg libjpeg-turbo8-dev libglfw3-dev
```

**Gambar 4.14 Install dependensi Libfreenect2**

2. Instalasi libfreenect2 dapat dilakukan dengan langkah berikut ini, *download* terlebih dahulu libfreenect2 melalui <https://github.com/OpenKinect/libfreenect2/releases> dan buka paket lalu masuk kedalam direktorinya lalu jalankan script berikut.

```
mkdir build && cd build
```

```
root@adhfbr-Geoinformatics:/home/adhfbr# mkdir build && cd build
```

**Gambar 4.15 Membuat dan mengakses direktori build**

```
cmake ..
```

```
root@adhfbr-Geoinformatics:/home/adhfbr# cmake ..
```

```
Make
```

```
root@adhfbr-Geoinformatics:/home/adhfbr# make
```

```
sudo make install
```

```
root@adhfbr-Geoinformatics:/home/adhfbr# make install
```

**Gambar 4.16 Kompilasi Libfreenect2**

3. Atur juga udev rules untuk akses ke perangkat Kinect menggunakan *source code* berikut.

```
sudo cp ../platform/linux/udev/90-kinect2.rules /etc/udev/rules.d/
```

```
root@adhfbr-Geoinformatics:/home/adhfbr# sudo cp ../platform/linux/udev/90-kinect2.rules /etc/udev/rules.d/
```

**Gambar 4.17 Udev rules perangkat Kinect**

4. Jalankan program dengan script berikut, dengan masuk ke dalam direktori libfreenect2 terlebih dahulu, lalu masuk kedalam direktori build.

```
./bin/Protonect
```

```
root@adhfbr-Geoinformatics:/home/adhfbr# ./bin/Protonect
```

**Gambar 4.18 Menjalankan Microsoft Kinect V2**

Setelah instalasi libfreenect2 selesai dan berhasil dijalankan, selanjutnya adalah instalasi PCL, pada penelitian ini peneliti menggunakan PCL versi 1.8.0 yang dapat di download melalui <https://github.com/PointCloudLibrary/pcl/releases> dan sebelum instalasi, PCL memiliki beberapa dependensi yang harus di install terlebih dahulu yang dapat di install menggunakan script berikut:

```
sudo apt-get install libboost-all-dev libeigen3-dev libflann-dev
```

```
root@adhfbr-Geoinformatics:/home/adhfbr# sudo apt-get install libboost-all-dev libeigen3-dev libflann-dev
```

**Gambar 4.19 Download dan Install dependensi Point Cloud Library**

Dependensi lain terkait instalasi PCL dapat di *download* melalui [http://pointclouds.org/documentation/tutorials/compiling\\_pcl\\_posix.php](http://pointclouds.org/documentation/tutorials/compiling_pcl_posix.php) setelah dependensi telah terinstall dan PCL telah berhasil di *download*, masuk kedalam folder PCL yang telah di ekstrak dan jalankan:

```
cd pcl-pcl-1.8.0 && mkdir build && cd build
```

```
root@adhfbr-Geoinformatics:/home/adhfbr# cd pcl-pcl-1.8.0 && mkdir build
&& cd build
```

**Gambar 4.20 Mengakses direktori pcl-pcl-1.8.0 dan membuat direktori build dan mengakses direktori build.**

```
cmake -DCMAKE_BUILD_TYPE=Release ..
```

```
root@adhfbr-Geoinformatics:/home/adhfbr# cmake -DCMAKE_BUILD_TYPE=Release
..
```

```
make -j4
```

```
root@adhfbr-Geoinformatics:/home/adhfbr# make -j4
```

```
sudo make -j2 install
```

```
root@adhfbr-Geoinformatics:/home/adhfbr# sudo make -j2 install
```

**Gambar 4.21 Melakukan kompilasi *Point Cloud Library***

### 1.2.3.2 OpenCV

Dapat di *install* melalui *script* berikut:

```
sudo apt-get install libopencv-dev
```

```
root@adhfbr-Geoinformatics:/home/adhfbr# sudo apt-get install libopencv-dev
```

**Gambar 4.22 Download dan install OpenCV library**

### 1.2.4 *Tangible Landscape plugin* GRASS GIS

Fungsi dari *tangible landscape plugin* adalah menghubungkan *scanning components* dengan GRASS GIS dan mengotomatisasi siklus pemindaian, memasukkan data pemindaian, dan melakukan proses *geoprocessing* dalam GRASS GIS. *Tangible landscape plugin* memiliki GUI (*Graphic User Interface*) yang dapat melakukan penyesuaian parameter untuk proses ekstraksi model. Saat melakukan pemindaian, proses yang dilakukan oleh plugin adalah sebagai berikut:

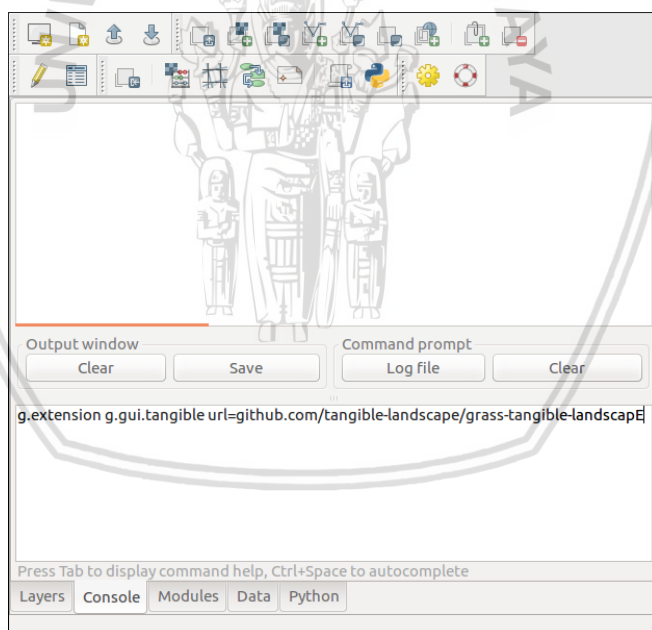
1. Mengakusisi pindaian sebagai *point cloud*.

2. Mengekstraksi point yang relevan dari *point cloud* (Filterisasi point diluar area model).
3. Georeferensi (Rotasi horizontal, mengatur skala horizontal dan vertikal, *translation*) data yang telah dipindai untuk mengetahui koordinat geografi dari tepi model.
4. Memasukkan data *point cloud* kedalam GRASS GIS dan membuat *digital elevation model*.
5. Memproses analisis spasial yang diinginkan.
6. Melakukan *re-rendering* hasil dari raster atau vektor data yang ditampilkan diatas model.

Konversi dari pemindaian point cloud menjadi sebuah DEM adalah proses yang terjadi secara otomatis. Tangible landscape plugin dapat di install dengan cara berikut.

1. Buka GRASS GIS 7.2
2. Akses *tab command console* pada *layer manager* GRASS GIS, lalu jalankan perintah berikut.

```
g.extension g.gui.tangible url=https://github.com/tangible-landscape/grass-tangible-landscape
```

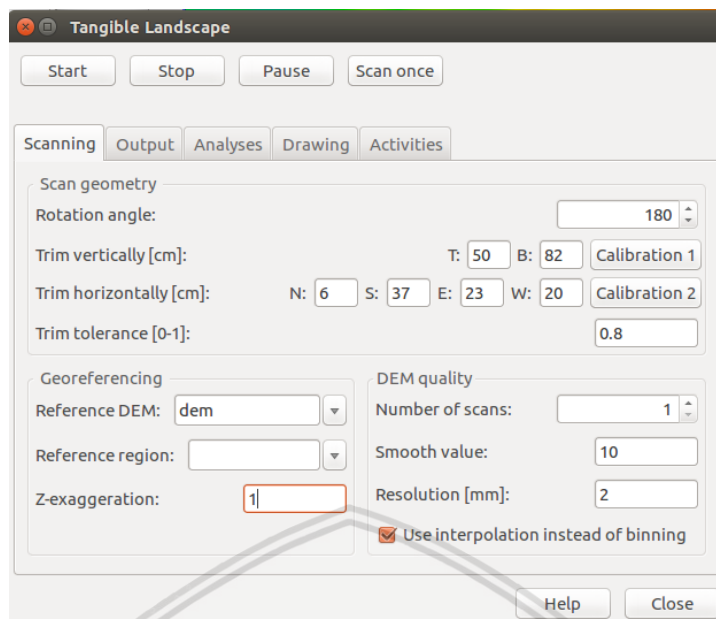


**Gambar 4.23 Tab command console pada layer manager**

3. Tutup dan buka kembali GRASS GIS 7.2
4. Tulis perintah berikut pada *command console*, selanjutnya jika berhasil akan muncul sebuah panel *tangible landscape* seperti pada Gambar 4.28.

```
g.gui.tangible
```





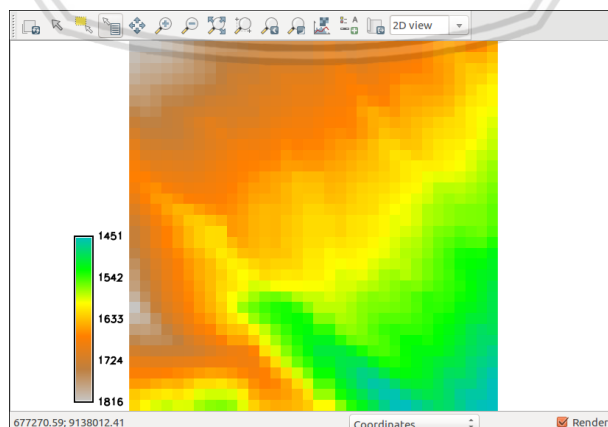
**Gambar 4.24 Tangible landscape plugin GRASS GIS**

### 1.3 Pengolahan Data

Pada tahapan ini menjelaskan bagaimana data yang telah diperoleh seperti data DEM, data bahan bakar, data kelembaban bahan bakar, data angin, dan data kemiringan lahan/lereng diolah menjadi data raster.

#### 1.3.1 Pengolahan Data Raster DEM

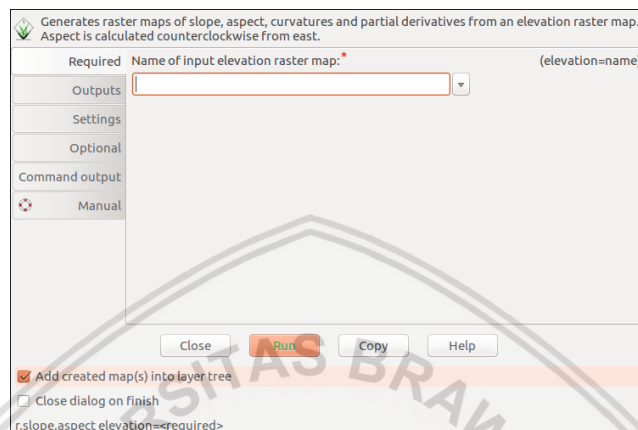
Pada tahap sebelum data DEM diolah lebih lanjut, peneliti melakukan proses pemotongan data DEM dengan menggunakan *software* QGIS untuk mendapatkan sampel area penelitian yang diperlukan. Data DEM yang digunakan dalam penelitian ini dapat di *download* di situs berikut <http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/>. Berikut Gambar 4.25 merupakan DEM daerah penelitian.



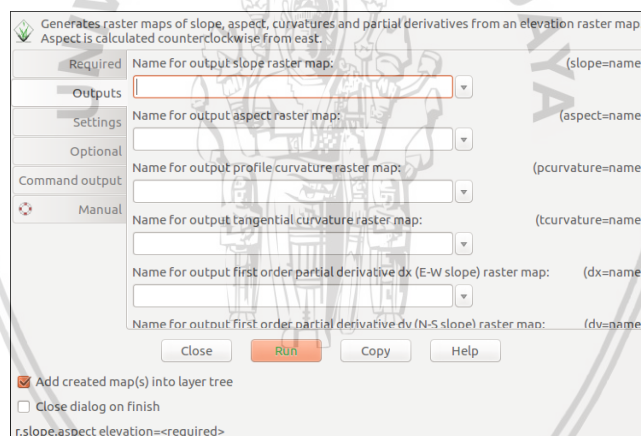
**Gambar 4.25 DEM daerah penelitian**

Selanjutnya data diolah lebih lanjut untuk menghasilkan *slope* dan *aspect*, *slope* adalah data mengenai derajat kemiringan dari permukaan bumi,

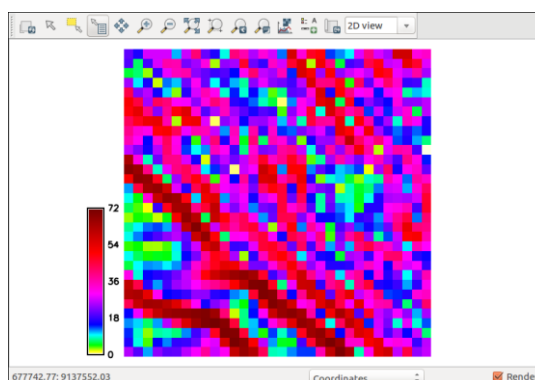
sedangkan *aspect* adalah arah dimana kemiringan permukaan bumi menghadap sesuai dengan arah mata angin dengan satuan derajat mata angin. *Slope* dan *aspect* diolah menggunakan modul *r.slope.aspect* (Gambar 4.26), dengan cara masukkan terlebih dahulu data raster elevasi dengan menggunakan data DEM (Gambar 4.25), lalu tentukan nama untuk keluaran data *slope* dan *aspect* pada *tab Outputs* (Gambar 4.27) pada modul *r.slope.aspect* GRASS GIS hasil dari *slope* dan *aspect* dapat dilihat pada Gambar 4.28 dan 4.29.



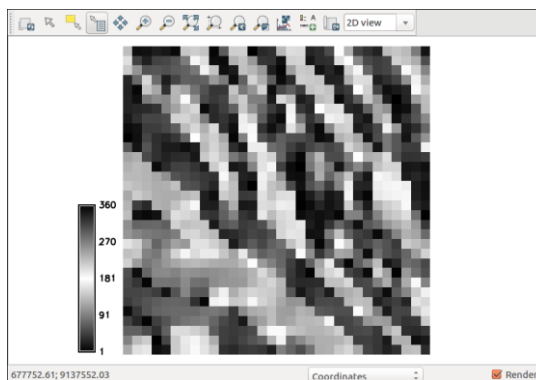
**Gambar 4.26 Modul *r.slope.aspect***



**Gambar 4.27 Tab Output pada Modul *r.slope.aspect***



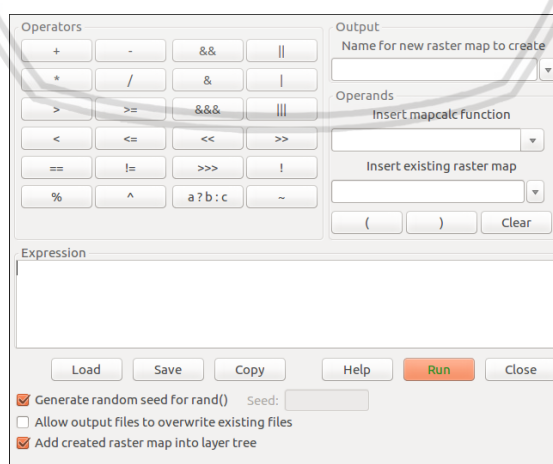
**Gambar 4.28 Slope daerah penelitian**



**Gambar 4.29 Aspect daerah penelitian**

### 1.3.2 Pengolahan Data Raster Bahan Bakar

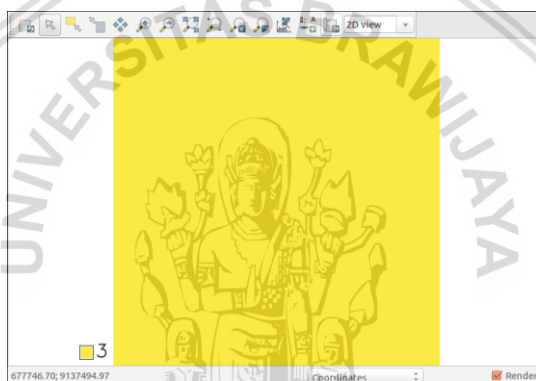
Data mengenai bahan bakar diolah dengan menggunakan data NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) yang diperoleh dari data citra satelit Landsat L8 yang dapat di *download* dengan mengakses situs <https://earthexplorer.usgs.gov/>, data NDVI dapat digunakan sebagai data dari model bahan bakar dikarenakan nilai dari NDVI dapat membedakan jenis vegetasi yang ada. Data raster bahan bakar diproses dengan mengklasifikasikan nilai dari data NDVI menggunakan *r.mapcalc* dari GRASS GIS. Penentuan model bahan bakar pada area penelitian mengacu pada penelitian Rothermel tahun 1983 yang menjelaskan penentuan model bahan bakar dapat ditentukan dengan memilih tipe vegetasi yang paling umum yang ada pada daerah penelitian (Rothermel, 1983). Dari observasi yang dilakukan peneliti, vegetasi yang paling umum adalah rerumputan panjang (Gambar 4.31) dengan sedikit pepohonan dan sesuai dengan model bahan bakar kelas 3, hasil data raster bahan bakar yang telah diolah dengan cara mengklasifikasikan data NDVI menggunakan *r.mapcalc* (Gambar 4.30) pada GRASS GIS dapat dilihat pada Gambar 4.32.



**Gambar 4.30 Panel r.mapcalc**



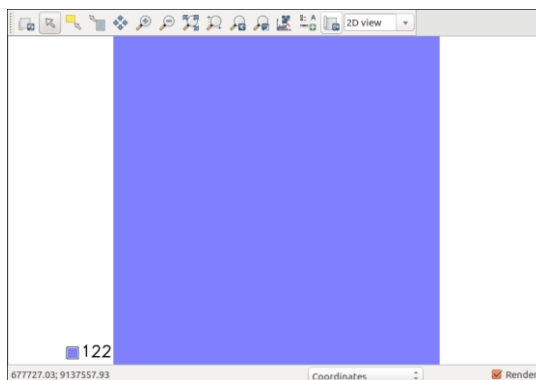
**Gambar 4.31 Vegetasi daerah penelitian yang mayoritas adalah rerumputan panjang**



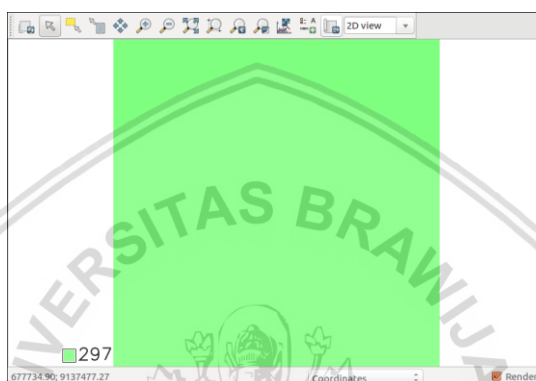
**Gambar 4.32 Model Bahan Bakar Kelas 3**

### **1.3.3 Pengolahan Data Arah Angin dan Kecepatan Angin**

Data mengenai arah angin dan kecepatan angin yang diperoleh dari data *online* BMKG pada tahun 2015 dan dapat diakses secara *online* di <http://dataonline.bmkg.go.id/home>. Untuk kebutuhan percobaan, nilai dari data arah angin dan kecepatan angin dapat dibuat konstan (Petras, 2014). Hasil data arah angin dan kecepatan angin (Gambar 4.37 dan 4.38) merupakan hasil dari rata-rata pada tahun 2015 dengan nilai arah angin 122 pada satuan derajat mata angin, dan nilai kecepatan angin 297 pada satuan kaki/menit atau 37 meter/menit, hembusan angin pada kecepatan ini dikategorikan sebagai hembusan angin sejuk dan memiliki skala 5 pada skala beaufort. Data diproses dengan membuat rata-rata perbulan dan selanjutnya menghasilkan data dengan rata-rata pertahun pada tahun 2015, selanjutnya data diproses dengan mengklasifikasi ulang nilai data raster bahan bakar menjadi nilai arah angin dan kecepatan angin menggunakan *r.mapcalc* (Gambar 4.34) pada GRASS GIS.



Gambar 4.33 Arah Angin

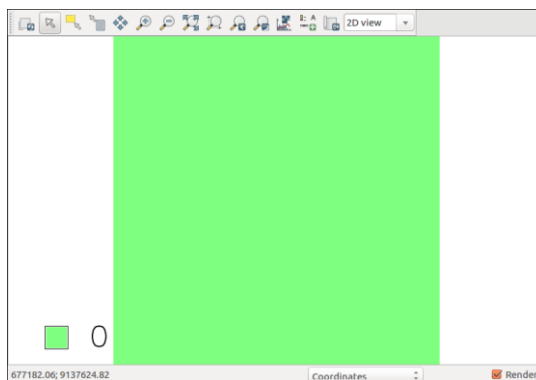


Gambar 4.34 Kecepatan angin

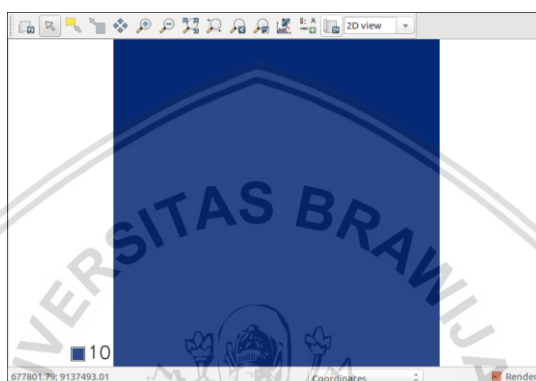
#### 1.3.4 Pengolahan Data Kelembaban Bahan Bakar

Terdapat 2 jenis kelembaban yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *live moisture* dan *1h-moisture* dengan satuan persen, *live moisture* adalah kelembaban bahan bakar yang masih hidup, sedangkan *1h-moisture* merupakan jenis kelembaban pada bahan bakar pada suatu waktu yang akan hilang dan selanjutnya akan terbakar habis, penentuan *1h-moisture* ditentukan oleh diameter dari bahan bakar yang berukuran diameter atau ketebalan kurang dari satu perempat inci, kelembaban bahan bakar pada model bahan bakar kelas 3 sesuai dengan kriteria ukuran dari *1h-moisture*. Pada beberapa model bahan bakar, penentuan nilai *live moisture* merupakan sesuatu yang harus ditentukan, model bahan bakar yang mengharuskan menentukan nilai *live moisture* tersebut adalah model bahan bakar kelas 2, 4, 5, 7, 10. Pada penelitian ini model bahan bakar yang diperoleh adalah model bahan bakar kelas 3 sehingga nilai dari *live moisture* bernilai 0 (Gambar 4.35). Model bahan bakar 3 menurut penelitian Rothermel pada tahun 1983 diasumsikan sebagai tanaman yang mengering, tanaman kering memiliki tingkat kelembaban dibawah 30%, pada penelitian ini mengasumsikan kelembaban *1h-moisture* yang dimiliki oleh model bahan bakar 3 sebesar 10% (Gambar 4.36). Untuk kebutuhan percobaan, nilai dari *live moisture* dan *1h-moisture* dapat dibuat konstan (Petras, 2014).





**Gambar 4.35 Live Moisture**



**Gambar 4.36 1h-moisture**

### 1.3.5 Pengolahan Data Koordinat Kebakaran

Pada skenario simulasi kebakaran, dibutuhkan titik mulai dimana api akan menyebar yang direpresentasikan sebagai sel raster dan dapat dibuat dengan mendigitasikan point atau mengimport koordinat dari sebuah file dan mengubahnya menjadi raster. Data mengenai koordinat adalah dalam bentuk koordinat UTM, berikut adalah data koordinat yang digunakan dalam penelitian ini (677825.25, 9138099.35) sebagai titik mulai kebakaran yang di simpan kedalam file teks dan dirubah menjadi data raster dengan menggunakan modul `v.to.rast` pada GRASS GIS.

1. Import koordinat dari file teks dengan menggunakan perintah berikut pada console manager GRASS GIS.

```
v.in.ascii input=source.txt output=source separator=comma
```

2. Setelah data koordinat di import data tersebut berupa data vektor, dan harus dirubah menjadi data raster dengan menggunakan perintah berikut pada console manager GRASS GIS.

```
v.to.rast input=source output=source type=point use=cat
```

## BAB 5 IMPLEMENTASI

Pada bab ini akan dijelaskan bagaimana menjalankan simulasi sistem perkiraan penyebaran api menggunakan *tangible landscape*. Sebelum memulai simulasi peneliti harus menyiapkan *hardware* dan *software* yang dibutuhkan terlebih dahulu yang sudah dibahas pada Bab 4, setelah itu peneliti menyiapkan model fisik dari area penelitian dan selanjutnya dapat dilakukan proses simulasi yang akan dibahas pada bab ini.

### 1.1 Menentukan Skala Model Fisik

Besar skala model fisik tergantung oleh beberapa hal seperti luas data spasial, ukuran model yang diinginkan, dan skala yang diinginkan. Perhitungan skala model fisik dapat dilakukan dengan tahapan berikut:

1. Mengetahui info koordinat data spasial area penelitian dan menentukan perkiraan ukuran model fisik. Luasan data spasial area penelitian beserta penentuan perkiraan besar model fisik ini dapat dilihat pada tabel 5.1. Untuk menampilkan info data spasial yang dimiliki dapat menggunakan perintah `r.info` pada *command console* yang terdapat pada GRASS GIS, lalu pilih data raster area penelitian, sedangkan untuk perkiraan ukuran model dapat ditentukan sesuai dengan kebutuhan dengan ukuran model maksimal sebesar 1 meter.

**Tabel 5.1 Koordinat UTM data spasial area penelitian**

N (North)	9138472.781
S (South)	9137485.137
E (East)	678467.3865
W (West)	677482.4642
dm (Perkiraan ukuran model)	0.28 Meter

Sumber: *Tangible Modeling with Open Source GIS* (2016)

2. Lalu hitung skala model fisik dengan menggunakan persamaan Persamaan 5.1, 5.2, 5.3. Dan hasil dari perhitungan Persamaan 5.1 adalah Skala sebesar 0.0002835.

$$dr = N (North) - S (South)$$

$$s = \frac{dm}{\frac{dr}{0.28}} = 0.0002835 \quad (\text{Persamaan 5.1})$$

Dimana:

- $s$  : Skala  
 $dm$  : Perkiraan ukuran model  
 $dr$  : Jarak / ukuran dunia nyata area penelitian

Selanjutnya adalah menghitung *scale number* dengan menggunakan Persamaan 5.2. Dan hasil dari perhitungan Persamaan 5.2 adalah *Scale*

number sebesar 1 : 3527.3009, selanjutnya *scale number* dibulatkan menjadi 1 : 3500, *scale number* adalah besar skala model fisik.

$$sn = \frac{1}{s} \quad (\text{Persamaan 5.2})$$

$$\frac{1}{0.0002835} = 3527.3009$$

Selanjutnya adalah menghitung luasan ukuran model fisik dari skala model yang telah di dapatkan sebelumnya yaitu 1 : 3500. Menghitung luasan ukuran model fisik dapat menggunakan persamaan berikut (Persamaan 5.3). Ukuran model yang dihasilkan adalah 0.28 Meter, ukuran yang dihasilkan ini merupakan ukuran dalam bentuk persegi.

$$scale\ number = 3500$$

$$s = \frac{dm}{scale\ number} \quad (\text{Persamaan 5.3})$$

$$scale = \frac{1}{3500} = 0.00028571$$

$$ukuran\ model = (N - S) * scale$$

$$ukuran\ model = (9138472.781 - 9137485.137) * 0.00028571 = 0.28$$

- Selanjutnya adalah penentuan ukuran tinggi model dan *exaggeration*. Ketahui terlebih dahulu nilai tertinggi dan terendah dari DEM area penelitian, untuk mengetahui info ini dapat dilakukan dengan menjalankan modul r.info pada *command console* yang terdapat pada GRASS GIS, nilai tertinggi dan terendah data DEM pada GRASS GIS dinamai *top* dan *bottom* (Tabel 5.2). Dan tentukan juga perkiraan ukuran tinggi dari model yang akan dibuat, pada penelitian ini perkiraan ukuran tingginya adalah setinggi 0.05 meter.

**Tabel 5.2 Top, bottom dan perkiraan tinggi model**

<i>Top</i>	1816
<i>Bottom</i>	1451
Perkiraan tinggi model	0.05 Meter
s (Skala)	0.0002835

Untuk menghitung *exaggeration* dapat menggunakan persamaan berikut (Persamaan 5.4).

$$tinggi\ model = s (t - b)$$

$$tinggi\ model = 0.0002835 (1816 - 1451) = 0.10347855$$

$$exaggeration = \frac{perkiraan\ tinggi\ model}{tinggi\ model}$$

$$exaggeration = \frac{0.05}{0.10347855} = 0.5 \quad (\text{Persamaan 5.4})$$

*Exaggeration* yang didapatkan adalah 0.5 dan pada penelitian ini *exaggeration* ini dibulatkan menjadi 1. Setelah itu dilanjutkan dengan perhitungan tinggi model fisik menggunakan persamaan seperti berikut (Persamaan 5.5).

(Persamaan 5.5)

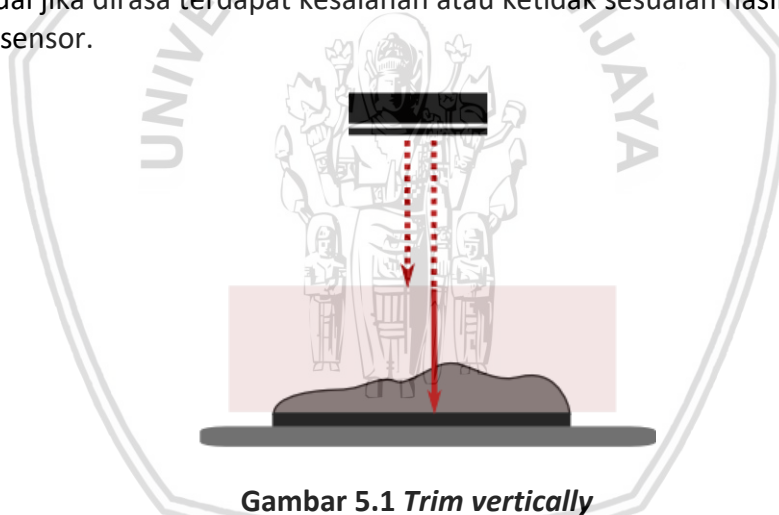
$$ukuran\ tinggi\ model = exaggeration * tinggi\ model$$

$$ukuran\ tinggi\ model = 1 * 0.10347855 = 0.10347855$$

## 1.2 Kalibrasi

Ada 2 tahap kalibrasi, kalibrasi 1 *Trim vertically* dan kalibrasi 2 *Trim horizontally*. Namun, sebelum melakukan kalibrasi sebaiknya jalankan kinect terlebih dahulu kurang lebih selama 10 menit dengan cara klik tombol start pada tab scanning yang terdapat di *tangible landscape plugin*, ini berguna untuk memanaskan sensor kinect, karena pada saat awal kinect dinyalakan, pembacaan sensor masih belum stabil.

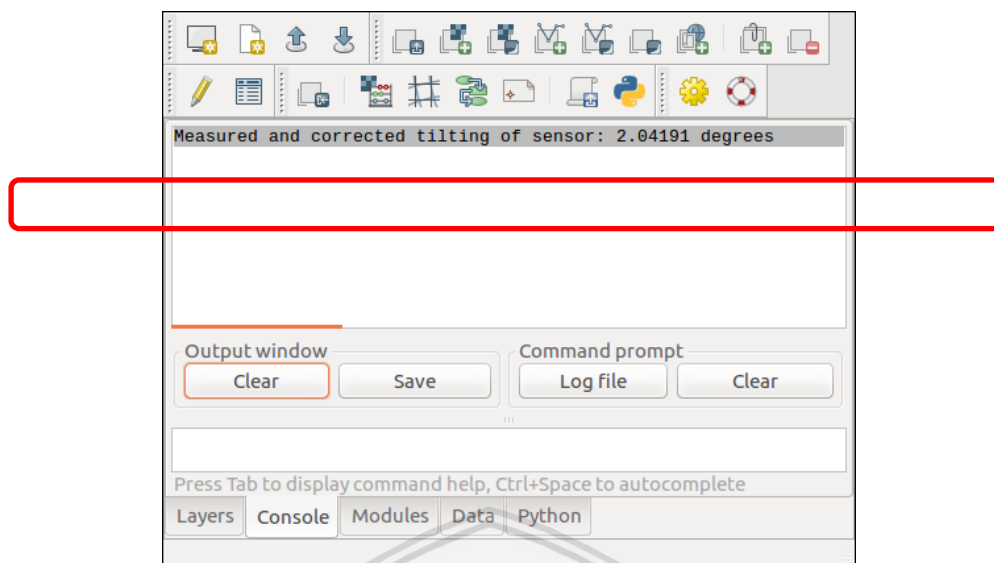
1. Kalibrasi 1 *trim vertically* adalah parameter untuk membatasi pemindaian secara vertikal atas-bawah. *Trim vertically* berfungsi untuk menghitung perkiraan jarak antara sensor dan meja, dan posisi kemiringan sensor. Pada saat kalibrasi 1, kosongkan semua objek yang terdapat pada meja, kemudian tekan tombol *Calibration 1* pada *tangible landscape plugin* dan tunggu sampai proses kalibrasi selesai, dan nilai pada *trim vertically* akan otomatis menyesuaikan (Gambar 5.2). Nilai dari *trim vertically* pada penelitian ini adalah top sebesar 49 dan bottom sebesar 62.2, nilai deviasi dari kemiringan sensor sebesar 2.04191 yang dapat dilihat pada *tab console* di *layer manager* GRASS GIS (Gambar 5.3). Nilai dari *trim vertically* dapat di masukkan secara manual jika dirasa terdapat kesalahan atau ketidak sesuaian hasil pemindaian oleh sensor.



Gambar 5.1 *Trim vertically*

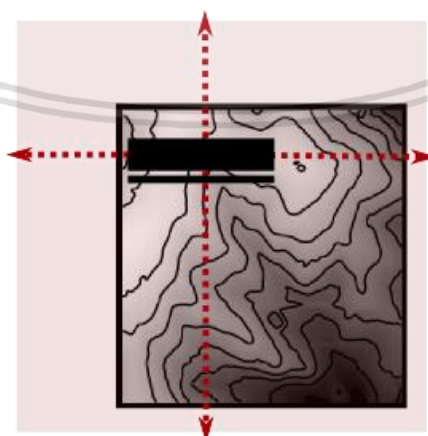
Sumber: <https://github.com/tangible-landscape/grass-tangible-landscape/wiki/Tangible-Landscape-plugin%3A-Scanning>

Gambar 5.2 Nilai *trim vertically* pada penelitian



**Gambar 5.3 Nilai deviasi kemiringan sensor pada *trim vertically***

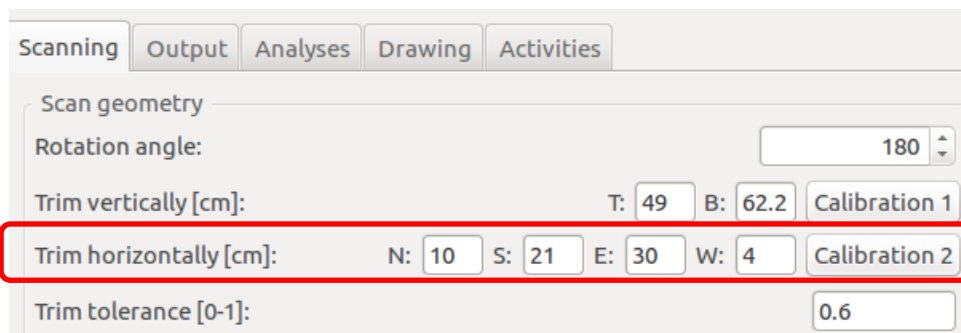
2. Kalibrasi 2 *trim horizontally* adalah parameter untuk membatasi pemindaian bagian utara, selatan, timur, dan barat pada model (Gambar 5.4). *Trim horizontally* berfungsi untuk menemukan batas-batas model fisik. Langkah pertama letakkan model di atas meja dan sejajarkan dengan proyeksi dari proyektor, selanjutnya sensor yang akan mendeteksi batas-batas dari model fisik, singkirkan segala objek diatas meja selain model fisik agar tidak mengganggu proses pemindaian oleh sensor. *Trim horizontally* dapat dilakukan dengan klik tombol *Calibration 2* pada *tangible landscape plugin* dan tunggu sampai proses selesai, selanjutnya nilai dari N, S, E, W akan secara otomatis disesuaikan (Gambar 5.5). nilai dari *trim horizontally* pada penelitian ini adalah N sebesar 10, S sebesar 21, E sebesar 30, W sebesar 4. Nilai dari *trim horizontally* dapat di masukkan secara manual jika dirasa terdapat kesalahan atau ketidak sesuaian hasil pemindaian oleh sensor.



**Gambar 5.4 *Trim horizontally***

Sumber: <https://github.com/tangible-landscape/grass-tangible-landscape/wiki/Tangible-Landscape-plugin%3A-Scanning>

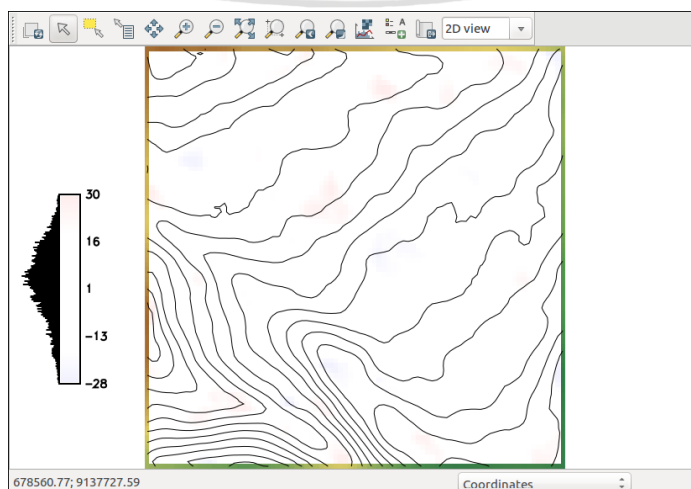




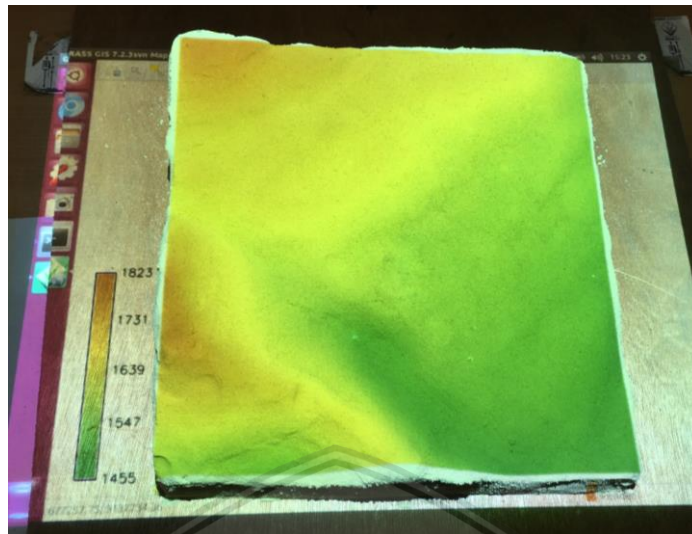
Gambar 5.5 Nilai *trim horizontally* pada penelitian

### 1.3 Pembuatan Model Fisik

Tahapan sebelum membuat model fisik adalah menentukan skala model fisik terlebih dahulu, dari skala yang diperoleh selanjutnya dapat ditentukan besar ukuran model yang diinginkan, tahapan ini dijelaskan pada Bab 5.1. Ukuran model fisik pada penelitian ini adalah sebesar 28 x 28 cm dengan tinggi 10 cm. Penelitian ini menggunakan *hand sculpted models* dimana peneliti akan membentuk model yang dibuat dengan pasir kinetik dan dibentuk dengan tangan menggunakan panduan dari *difference analytic*. *Difference analytic* merupakan fungsi yang terdapat di *tangible landscape plugin* pada GRASS GIS yang dapat memberikan panduan untuk membuat model fisik dengan cara menghitung perbedaan nilai antara data DEM yang dijadikan referensi dan data dari pemindaian model fisik. Dengan fungsi *difference analytic* di *tangible landscape plugin* kita dapat secara terus menerus melakukan pemindaian terhadap model bersamaan dengan pembentukan model, fungsi ini akan menampilkan secara *near real-time* panduan dimana kita harus menambah atau mengurangi pasir untuk membentuk model, panduan ini menggunakan panduan warna yang ditampilkan diatas pasir, jika warna biru maka daerah dengan warna biru tersebut perlu ditambah dengan pasir, jika daerah dengan warna merah maka daerah tersebut pasir perlu dikurangi. Proses ini dilakukan secara terus menerus sampai warna biru dan merah berkurang sampai menjadi warna putih. Berikut merupakan hasil dari *difference analytic* pada penelitian ini (Gambar 5.6 dan 5.7).



Gambar 5.6 *Difference analytic layer* pada GRASS GIS



Gambar 5.7 Hasil pembuatan DEM dengan *difference analytic*

## 1.4 Simulasi Penyebaran Api

Yang pertama adalah menghasilkan data penyebaran api dengan jeda waktu yang diinginkan terlebih dahulu menggunakan modul *r.spread* pada GRASS GIS, jeda waktu pada data yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah dalam kelipatan 10 menit. Setelah data simulasi penyebaran api dihasilkan maka data akan di animasikan untuk mengetahui bagaimana pola pergerakan penyebaran api. Sebelum menggunakan modul *r.spread* dibutuhkan masukan data yang berupa *base rate of spread*, *maximal rate of spread*, *direction of maximal rate of spread* dan *maximal spotting distance* (Gambar 5.10, 5.11, 5.12, 5.13) yang dihasilkan dari modul *r.ros* (Gambar 5.8 dan 5.9).

Generates rate of spread raster maps. Generates three, or four raster map layers showing the base (perpendicular) rate of spread (ROS), the maximum (forward) ROS, the direction of the maximum ROS, and optionally the maximum potential spotting distance for fire spread simulation.

Required	Raster map containing fuel models: *	(model=name)
Optional	fuel_model@PERMANENT	
Command output	Raster map containing live fuel moisture (%): *	(moisture_live=name)
Manual	live_moisture@PERMANENT	
	Output raster map containing base ROS (cm/min): *	(base_ros=name)
	out_base.ros	
	Output raster map containing maximal ROS (cm/min): *	(max_ros=name)
	out_max.ros	
	Output raster map containing directions of maximal ROS (degree): *	(direction_ros=name)
	dir_dir.ros	

Close Run Copy Help

☒ Add created map(s) into layer tree  
☐ Close dialog on finish

r.ros model=fuel\_model@PERMANENT moisture\_live=live\_moisture@PERMANENT base\_ros=out\_base.ros max\_ros=out\_max.ros direction\_ros=out\_dir.ros

**Gambar 5.8 Modul r.ros pada *tab required***

Generates rate of spread raster maps. Generates three, or four raster map layers showing the base (perpendicular) rate of spread (ROS), the maximum (forward) ROS, the direction of the maximum ROS, and optionally the maximum potential spotting distance for fire spread simulation.

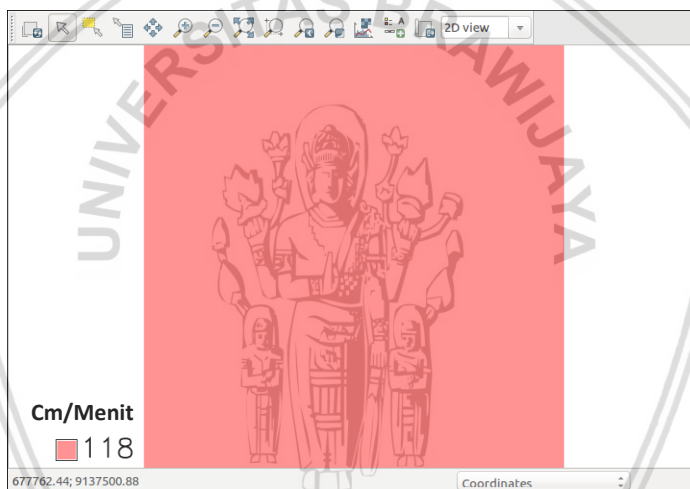
Required	Raster map containing the 1-hour fuel moisture (%):	(moisture_1h=name)
Optional	xh_moisture@PERMANENT	
Command output:	Raster map containing the 10-hour fuel moisture (%):	(moisture_10h=name)
Manual	Raster map containing the 100-hour fuel moisture (%):	(moisture_100h=name)
	Raster map containing midflame wind velocities (ft/min):	(velocity=name)
	wind_speed@PERMANENT	
	Name of raster map containing wind directions (degree):	(direction=name)
	wind_direction@PERMANENT	
	Name of raster map containing slope (degree):	(slope=name)
	slope@PERMANENT	
	Raster map containing aspect (degree, CCW from E):	(aspect=name)
	aspect@PERMANENT	
	Raster map containing elevation (m, required for spotting):	(elevation=name)
	dem@PERMANENT	
	Output raster map containing maximal spotting distance (m):	(spotting_distance=name)
	out_spotdis	

Close Run Copy Help

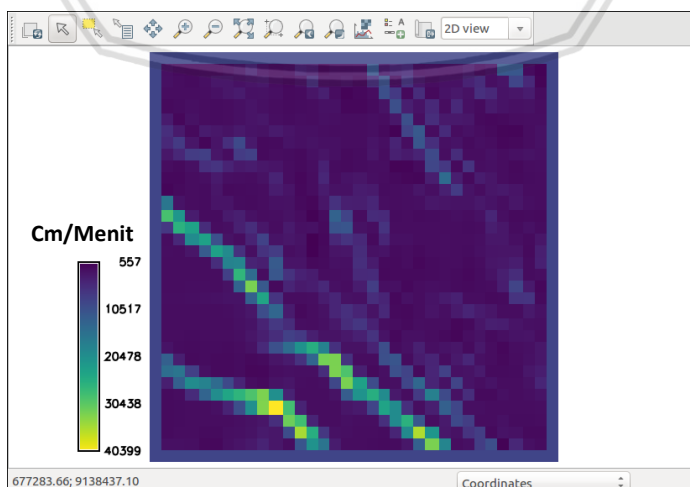
☒ Add created map(s) into layer tree  
☐ Close dialog on finish

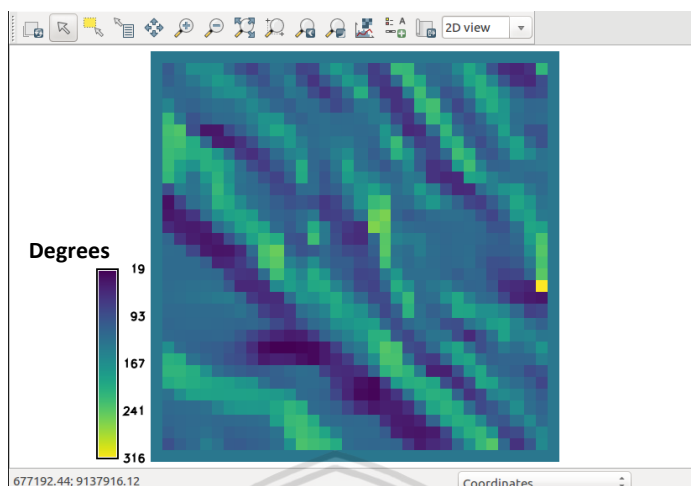
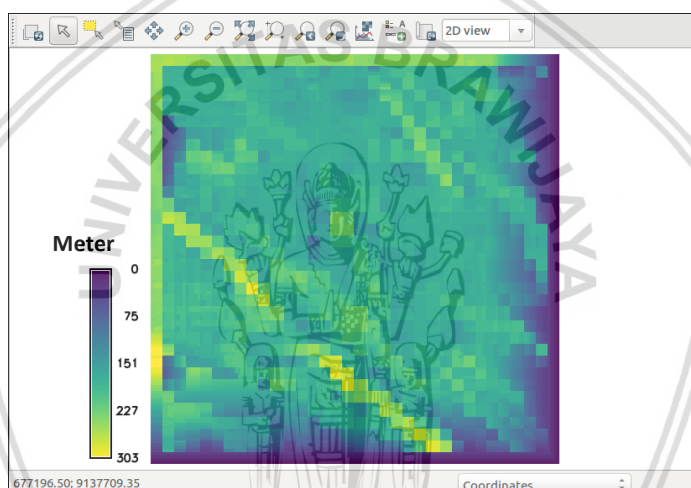
r.ros -overwrite model=fuel\_model@PERMANENT moisture\_1h=xh\_moisture@PERMANENT moisture\_live=live\_moisture@PERMANENT velocity=wind\_speed@PERMANENT direction=wind\_

**Gambar 5.9 Modul r.ros pada *tab optional***



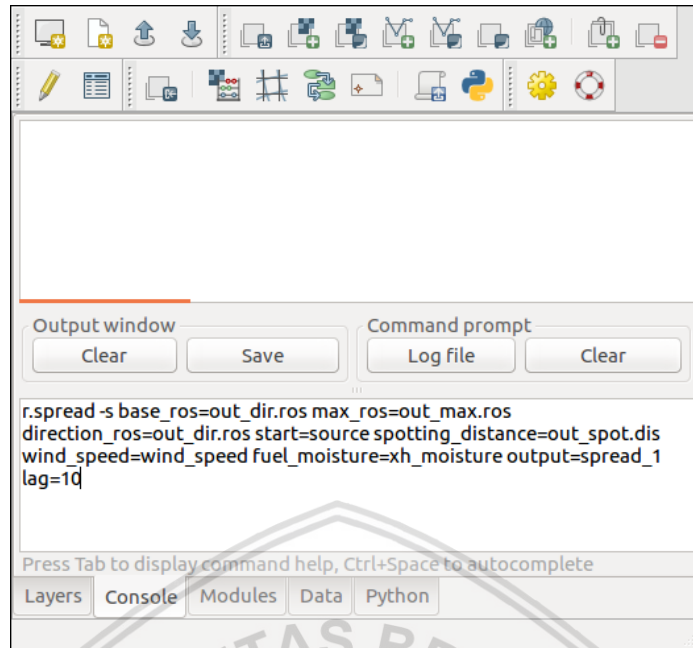
**Gambar 5.10 Data citra *base rate of spread***



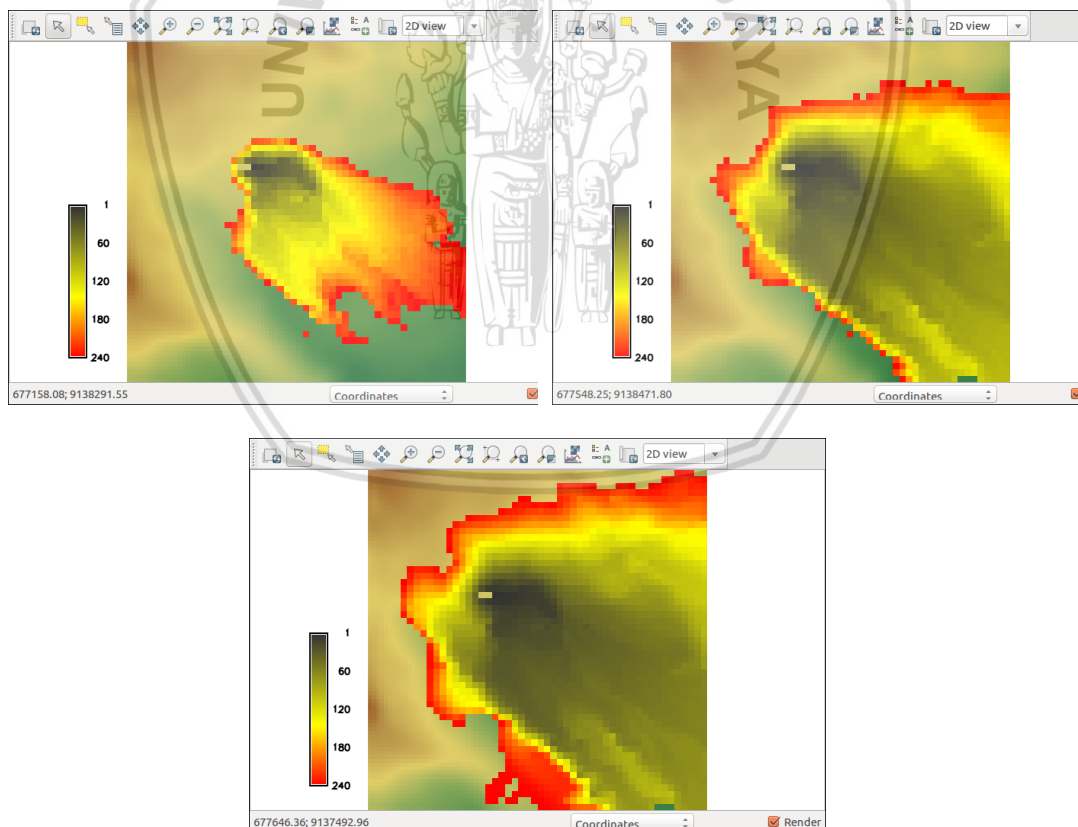
**Gambar 5.11 Data citra *maximal rate of spread*****Gambar 5.12 Data citra *direction of maximal rate of spread*****Gambar 5.13 Data citra *maximal spotting distance***

Setelah mendapatkan data dari modul `r.ros`, panggil modul `r.spread` seperti source code pada command console GRASS GIS (Gambar 5.14) beberapa kali dengan parameter jeda waktu kelipatan 10 menit. Lakukan perubahan parameter jeda waktu di variabel `lag` pada source code, hasil dari `r.spread` dapat memberikan informasi tahapan penyebaran api pada simulasi, jeda waktu ini menentukan panjang simulasi. Hasil dari penyebaran api dapat dilihat pada Gambar 5.15. Pada penelitian ini jeda waktu dibuat sebanyak 24 kali sehingga didapatkan hasil simulasi penyebaran api selama 240 menit.

```
r.spread -s base_ros=out_dir.ros max_ros=out_max.ros
direction_ros=out_dir.ros start=source spotting_distance=out_spot.dis
wind_speed=wind_speed fuel_moisture=xh moisture output=spread_1 lag=10
```



**Gambar 5.14 Modul r.spread pada command console dengan parameter jeda waktu 10 menit**



**Gambar 5.15 Hasil penyebaran api pada daerah penelitian**



Setelah itu panggil modul berikut untuk memberi nilai 0 pada *pixel* yang bernilai *null*, sehingga akan menghapus warna pixel yang bernilai *null*.

```
r.null map=spread_1 setnull=0
```

Dan modul *r.colors* untuk memberi gradasi warna pada data citra penyebaran api, pada masukan *rules* pilih file yang berisi nilai gradasi warna penyebaran api.

```
r.colors map=spread_1 rules=fire_colors.txt
```

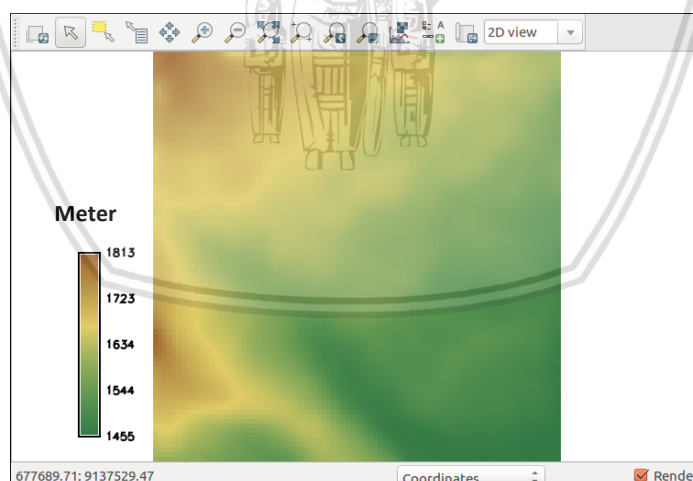
Nilai gradasi warna penyebaran api disimpan dalam *file* dengan format *.txt* seperti source code berikut.

```
0% 50:50:50
60% yellow
100% red
```

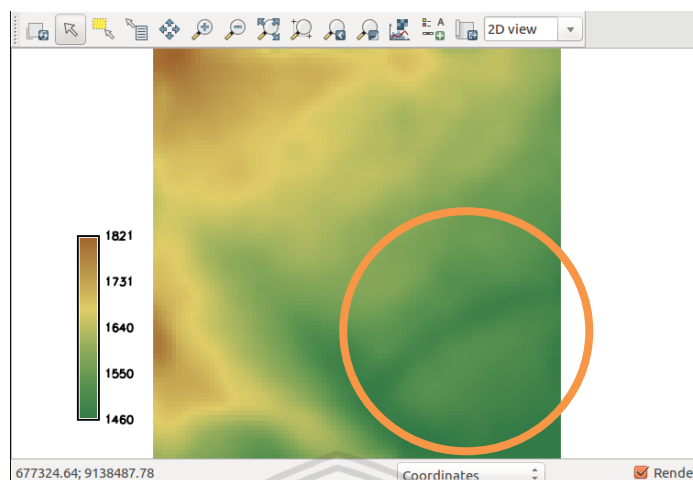
Animasikan semua data penyebaran api dengan menggunakan modul *g.gui.animation* pada GRASS GIS.

## 1.5 Pembuatan Sabuk Api

Setelah data penyebaran api dihasilkan, peneliti ingin mencegah penyebaran api semakin meluas dengan membuat sabuk api. Pembuatan sabuk api dilakukan dengan membuat perubahan pada model fisik. Yang pertama lakukan *scan* model fisik untuk menghasilkan data raster model fisik yang belum dilakukan perubahan (Gambar 5.16), lalu buat sabuk api dengan mengurangi pasir pada model fisik di lokasi pembuatan sabuk api yang diinginkan (Gambar 5.17), dan *scan* kembali model fisik yang telah dirubah, perubahan ini adalah representasi dari perubahan kanopi vegetasi pada daerah penelitian, vegetasi di klasifikasikan kedalam data raster model bahan bahan bakar.



Gambar 5.16 Model fisik sebelum dilakukan perubahan



Gambar 5.17 Model fisik yang dirubah untuk pembuatan sabuk api

Saat melakukan *scan* terdapat distorsi antara hasil *scan* model fisik sebelum dilakukan perubahan dan yang sudah dilakukan perubahan pembuatan sabuk api pada model fisik. Distorsi ini dikarenakan sensor tidak dapat melakukan *scan* terhadap model fisik secara konsisten dan dapat terjadi karena terdapat pergeseran pembacaan secara vertical oleh sensor. Untuk menyesuaikan data raster bahan bakar yang belum dilakukan perubahan dan yang sudah dilakukan perubahan pembuatan sabuk api dapat menggunakan fungsi regresi linear seperti pada *source code* berikut dan simpan *source code* sebagai file *python*.

```
import grass.script as gscript

def adjust_scan(scan_before, scan_after, scan_adjusted):
    coeff = gscript.parse_command('r.regression.line', mapx = scan_after,
                                  mapy = scan_before, flags = 'g')

    gscript.mapcalc("{scan_adjusted} = {a} + {b} * {scan_after}".format(scan_adjusted = scan_adjusted, a = coeff ['a'],
                                                                           b = coeff ['b'], scan_after = scan_after))

adjust_scan('scan_before', 'scan_after', 'scan_adjusted')
gscript.mapcalc("diff = scan_adjusted - scan_before")
gscript.run_command('r.colors', flags = 'n', map = 'diff', color =
'differences')
```

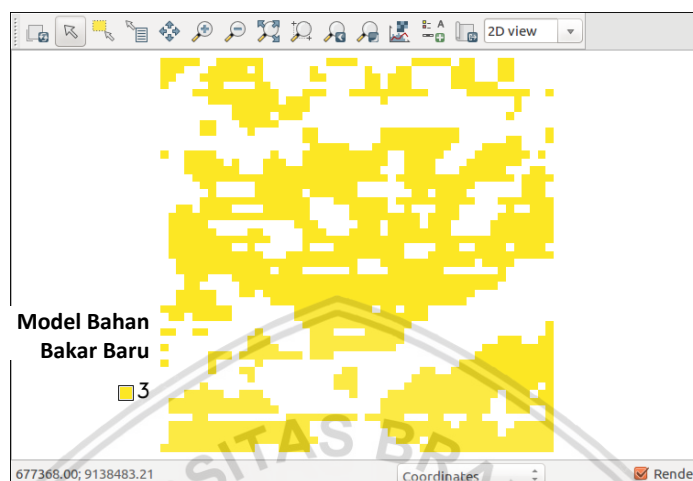
Data raster bahan bakar yang baru dihasilkan berdasarkan perbedaan antara dua hasil *scan* model fisik yang belum dilakukan perubahan dan yang sudah dilakukan perubahan pembuatan sabuk api, *source code* file python dibawah ini merupakan ekspresi aljabar sederhana untuk menghasilkan data raster bahan bakar baru.

```
import grass.script as gscript

def adjust_scan(scan_before, scan_after, scan_adjusted):
    coeff = gscript.parse_command('r.regression.line', mapx = scan_after,
                                  mapy = scan_before, flags = 'g')

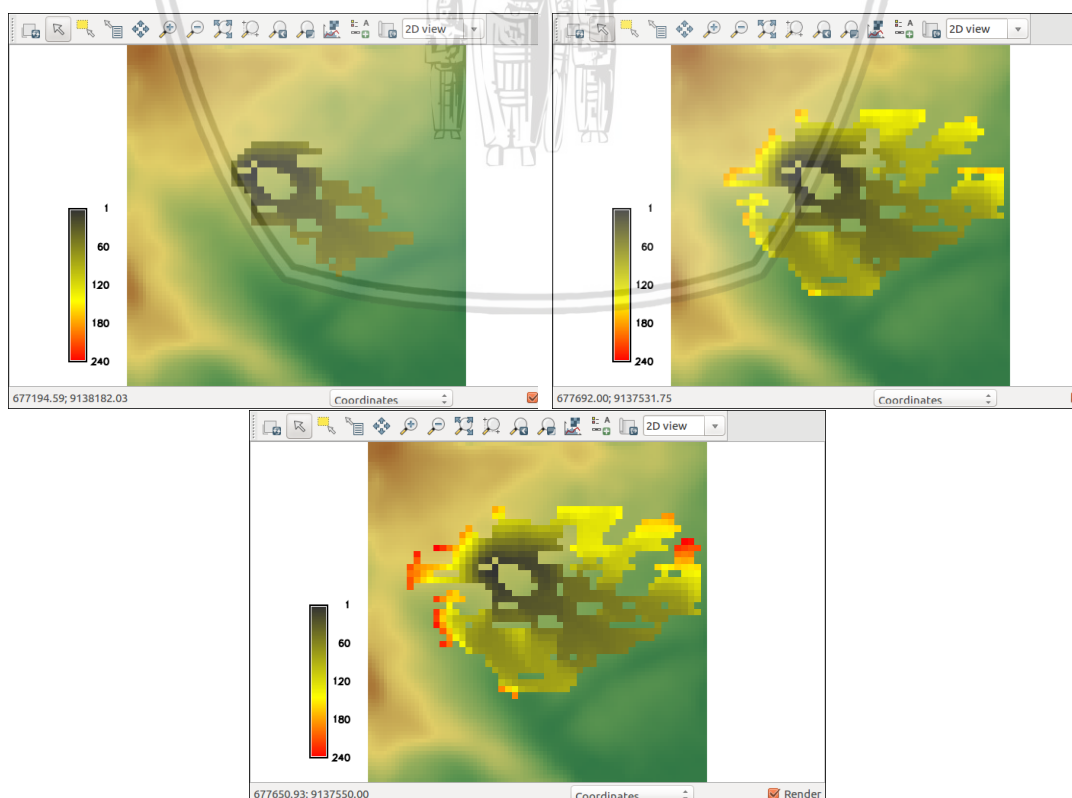
    adjust_scan('scan_before', 'scan_after', 'scan_adjusted')
    gscript.mapcalc("changed_fuel = if(scan_before - scan_adjusted > 0,
    null(), fuel_model)")
```

Data raster bahan bakar baru akan memiliki nilai *pixel* 0 yang tidak berisi warna pada lokasi pembuatan sabuk api, namun seperti yang terlihat pada Gambar 5.18 terdapat banyak *pixel* yang memiliki nilai 0 pada data raster bahan bakar baru, ini terjadi dikarenakan tidak konsistennya hasil *scan* antara data raster model fisik yang belum dilakukan perubahan dan yang sudah dilakukan perubahan.



Gambar 5.18 Data raster bahan bakar baru

Ulangi proses simulasi dengan menggunakan data bahan bakar yang baru, hasil penyebaran api setelah pembuatan sabuk api dapat dilihat pada Gambar 5.19, hasil penyebaran dipengaruhi oleh *pixel* dengan nilai 0 pada data raster model bahan bakar, *pixel* dengan nilai 0 tersebut dibaca sebagai sabuk api sehingga penyebaran api tidak akan melewati lokasi dengan nilai *pixel* 0.



**Gambar 5.19 Hasil simulasi penyebaran api setelah pembuatan sabuk api**

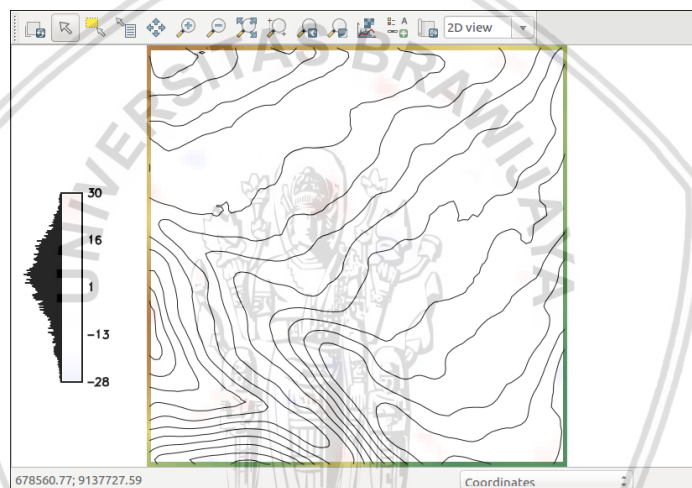


## BAB 6 PENGUJIAN

Pada bab ini peneliti akan melakukan pengujian terhadap model fisik yang dibuat, untuk mengetahui kesesuaian model fisik dengan data elevasi sebenarnya pada daerah penelitian. Dan menguji validasi dari model penyebaran api dengan melihat data historis kebakaran yang pernah terjadi di sekitar area penelitian

### 1.1 *Difference Analytic*

Metode *difference analytic* digunakan untuk mengetahui tingkat kesesuaian model fisik yang dibuat dengan data elevasi sebenarnya pada daerah penelitian. Proses pengujian ini dilakukan bersamaan dengan pembuatan model fisik. Tingkat kesesuaian model fisik dapat diukur dari histogram yang dapat dilihat pada Gambar 6.1.



**Gambar 6.1 Hasil *Difference analytic***

Pada gambar 6.1 dapat dilihat nilai maksimal dari *difference analytic* yang diperoleh pada penelitian ini sebesar 70% dan nilai minimal sebesar 72%, jika nilai maksimal dan minimal semakin mendekati angka 0 dan hilangnya warna merah dan biru pada citra *different analytics* maka model fisik yang dibuat semakin sesuai dengan data elevasi sebenarnya pada daerah penelitian.



## BAB 7 PENUTUP

### 1.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan peneliti, dapat disimpulkan:

1. *Tangible Landscape* untuk memperkirakan penyebaran api di gunung arjuna kawasan Tahura R. Soerjo dapat dilakukan, diperlukan masukan sebanyak 9 data raster yang menjadi faktor penting yang mempengaruhi penyebaran api, data raster tersebut antara lain: data raster elevasi (DEM), data raster *slope* dan *aspect*, data raster model bahan bakar, data raster arah angin dan kecepatan angin, data raster *live moisture* dan *1h-moisture*, dan data raster koordinat terjadinya kebakaran. Sebagian besar masukan data raster yang mempengaruhi penyebaran api tidak tersedia di Indonesia, maka peneliti mengolah sendiri masukan data raster yang dibutuhkan.
2. Metode *Tangible Landscape* untuk memperkirakan pola penyebaran api menghasilkan data pola penyebaran pada waktu tertentu sesuai waktu yang ditentukan dan menghasilkan data *base rate of spread* sebesar 1,18 meter/menit, *maximal rate of spread* paling tinggi sebesar 403,99 meter/menit dan paling rendah sebesar 5,57 meter/menit, *direction of maximal rate of spread* yang menyebar ke arah 19 sampai 316 derajat dalam satuan derajat arah mata angin, dan *maximal spotting distance* sebesar 0 sampai 303 meter.
3. Solusi yang dapat dibuat dengan menggunakan *Tangible Landscape* untuk mencegah penyebaran api semakin meluas adalah dengan membuat sabuk api, namun pada penelitian ini terdapat banyak distorsi pada pembuatan model bahan bakar setelah proses pembuatan sabuk api sehingga mempengaruhi hasil dari penyebaran api pada percobaan simulasi pembuatan sabuk api, hasil yang didapatkan dari pembuatan sabuk api pada penelitian ini tidak sesuai harapan.
4. Tingkat kesesuaian dari model fisik yang dibuat sudah mendekati data elevasi sebenarnya pada daerah penelitian. Dengan nilai pengujian model fisik menggunakan difference analytic Maksimal sebesar 70% dan nilai Minimal sebesar 72%, jika nilai maksimal dan minimal semakin mendekati angka 0 dan hilangnya warna merah dan biru pada citra different analytics maka model fisik yang dibuat semakin sesuai dengan data elevasi sebenarnya pada daerah penelitian.

## 1.2 Saran

1. Di Indonesia *Tangible Landscape* dapat dikembangkan dan diterapkan untuk penelitian lain seperti analisa perubahan hidrologi permukaan, erosi tanah, dan penentuan jalur.
2. Data spasial dengan resolusi tinggi dapat digunakan untuk memperoleh hasil dengan kualitas yang lebih baik.
3. Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menguji *User Experience* dan *Usability Testing* dari sistem *Tangible Landscape*.



## DAFTAR PUSTAKA

- Albini, F. A., 1976. Estimating wildfire behavior and effects Book. Technical report, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Forest Service, U.S. Dept. of Agriculture.
- Anderson, H. E., 1982. Aids to determining fuel models for estimating fire behavior Book.
- Andrews, P. L., 1986. BEHAVE: fire behavior prediction and fuel modeling system Book – BURN subsystem, Part 1.
- Aronoff, S., 1989. Geographic Information Systems: A Management Perspective. Canadian, Ottawa : WDL Publication.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2011-2014. *Data Kejadian Bencana Kebakaran Hutan dan Lahan*. [Online] Tersedia di <<http://data.go.id/dataset/data-bencana-kebakaran-hutan-2>> [Diakses pada 25 Januari 2017].
- Budianto, Eko., 2010. Sistem Informasi Geografis dengan Arc View GIS. Yogyakarta: AndiOffset.
- Clements, Craig B, Ryan Perna, Meongdo Jang, Daegyun Lee, Monica Patel, Susan Street, Shiyuan Zhong, Scott Goodrick, Ju Li, Brian E Potter, et al., 2007. "Observing the dynamics of Wildland grass fires: Fireflux-a field validation experiment." In: Bulletin of the American Meteorological Society 88.9. FireFlux—A Field Validation Experiment, pp. 1369–1382.
- Data Koordinat Lokasi Kebakaran Hutan. UPT Tahura R. Soerjo Malang.
- Data Statistik Kebakaran Hutan Provinsi Jawa Timur. Bidang PKHKA Dinas Kehutanan Prov. Jawa Timur Tahun 2011-2015.
- Environmental Systems Research Institue., 2012. *Exploring Digital Elevation Models*. [Online] Tersedia di: <<http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/exploring-digital-elevation-models.htm>> [Diakses pada 14 Januari 2018]
- ESRI, 2018. *Landsat 8*. [Online] Tersedia di <<https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-data-continuity-mission/>>
- ESRI., 2018. *NDVI*. [Online] Tersedia di <<https://www.arcgis.com/home/item.html?id=a1c373b16db34ef687ddae7c482e0b27>>
- GIS Geography., 2018. *NDVI*. [Online] Tersedia di <<https://gisgeography.com/ndvi-normalized-difference-vegetation-index/>>
- GRASS GIS, 2017. *Home*. [Online] Tersedia di <<https://grass.osgeo.org/>> [Diakses pada 4 April 2017]

- Interaction Design Foundation., 2002. *Human Computer Interaction (HCI)*. [Online] <<https://www.interaction-design.org/literature/topics/human-computer-interaction>> [Diakses pada 14 Januari 2018]
- Microsoft., 2015. Microsoft Kinect V2. [Online] Tersedia di: <<http://www.ign.com/articles/2015/04/06/microsoft-will-stop-producing-kinect-v2-sensors-for-windows>> [Diakses pada 14 Januari 2018]
- Newcombe, R. a., Molyneaux, D., Kim, D., Davison, A. J., Shotton, J., Hodges, S., and Fitzgibbon, A., 2011. KinectFusion : Real-Time Dense Surface Mapping and Tracking. IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, pages 127–136.
- NOAA., 2018. *What is Remote Sensing*. [Online] Tersedia di: <<https://oceanservice.noaa.gov/facts/remotesensing.html>> [Diakses pada 14 Januari 2018]
- O'Brein, James A., 2005, "Pengantar Sistem Informasi", Penerbit : Salemba 4, Jakarta.
- Peraturan Menteri Kehutanan Nomor: P.12/Menhut-II/2009 tentang Pengendalian Kebakaran Hutan. Jakarta: Kementerian Kehutanan. [Online] Tersedia di <[ditjenppi.menlhk.go.id/reddplus/images/.../permen/permenLHKno32karhutla.pdf](http://ditjenppi.menlhk.go.id/reddplus/images/.../permen/permenLHKno32karhutla.pdf)> [Diakses pada 25 Januari 2017].
- Petras. V., 2014. Wildfire modelling in GRASS GIS.
- Petrasova. A., Harmon. B., Petras. V., and Mitasova. H., 2014. GIS-based environmental modeling with tangible interaction and dynamic visualization.
- Petrasova. A., Harmon. B., Petras. V., and Mitasova. H., 2016. Tangible Modeling with Open Source GIS.
- PT Testindo., 2017. *Pengertian Lereng dan Pentingnya Pemantauan Kemiringan Lereng*. [Online] Tersedia di: <<http://www.testindo.com/article/358/pengertian-lereng-slope-monitoring>> [Diakses pada 31 Januari 2018]
- Rowell, A. dan Moore, P.F., 2001. Global review of Forest Fires. WWF; IUCN, Gland.
- Rothermel. R.C., 1983. How to Predict the Spread and Intensity of Forest and Range Fires.
- Rothermel, R. C., 1972. A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels.
- Tata Sutabri, Sistem Informasi Manajemen., 2005, Yogyakarta.
- Tangible Landscape: Scanning Components., 2018. Trim Horizontally. [Online] Tersedia di: <<https://github.com/tangible-landscape/grass-tangible->

landscape/wiki/Tangible-Landscape-plugin%3A-Scanning> [Diakses pada 14 Januari 2018]

Tangible Landscape: Scanning Components., 2018. Trim Vertically. [Online] Tersedia di: <<https://github.com/tangible-landscape/grass-tangible-landscape/wiki/Tangible-Landscape-plugin%3A-Scanning>> [Diakses pada 14 Januari 2018]

The National Center for Atmospheric Research., 2003. *Weather & Climates Basics*. [Online] Tersedia di: <[https://eo.ucar.edu/basics/wx\\_2\\_c.html](https://eo.ucar.edu/basics/wx_2_c.html)> [Diakses pada 31 Januari 2018]

UPT TAHURA R. Soerjo SKPPH Mojokerto, Majalah profil., 2014.

UPT Taman Hutan Raya (Tahura) R. Soerjo Dinas Kehutanan Provinsi Jawa Timur, Flyer.

